



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC144542

**PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO
PELABUHAN AWERANGE, KAB. BARRU
SULAWESI SELATAN KAPASITAS 15.000 DWT**

MUHAMMAD HANIF AL-BASYAR
NRP. 3114 040 507

Dosen Pembimbing I:
Ir. Chomaedhi, CES, GEO.
NIP. 19550319 198403 1 001

Dosen Pembimbing I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC144542

**PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO
PELABUHAN AWERANGE, KAB. BARRU
SULAWESI SELATAN KAPASITAS 15.000 DWT**

**MUHAMMAD HANIF AL-BASYAR
NRP. 3114 040 507**

Dosen Pembimbing I:
Ir. Chomaedhi, CES, GEO.
NIP. 19550319 198403 1 001

Dosen Pembimbing I:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - RC144542

**DESIGN OF STRUCTURE GENERAL CARGO PIER PORT
OF AWERANGE, AT BARRU, DISTRICT OF SOUTH
CELEBES FOR VESSEL CAPACITY
15.000 DWT**

**MUHAMMAD HANIF AL-BASYAR
NRP. 3114 040 507**

Lecture Advisor I:
Ir. Chomaedhi, CES, GEO.
NIP. 19550319 198403 1 001

Lecture Advisor II:
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

**PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA
GENERAL CARGO PELABUHAN AWERANGE,
KAB. BARRU SULAWESI SELATAN KAPASITAS
15.000 DWT**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Terapan**

Pada :

**Program Studi Diploma IV Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**

Oleh



**MUHAMMAD HANIF AL-BASYAR
NRP : 311 4040 507**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :
Dosen Pembimbing I:**



**IR. CHOMAEDHL CES, GEO
NIP. 19550319.198403.1.001**

Dosen Pembimbing II



**R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
NIP 19740203.200212.1.002**

Surabaya, Januari 2016

**PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA
GENERAL CARGO PELABUHAN AWERANGE,
KAB. BARRU, SULAWESI SELATAN
KAPASITAS 15.000 DWT**

Mahasiswa : Muhammad Hanif Al-Basyar
NRP : 311 4040 507
Program Studi : Diploma IV Teknik Sipil FTSP
ITS Surabaya
Dosen Pembimbing : Ir. Chomaedhi, CES. GEO
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.

Abstrak

Dermaga general cargo pelabuhan awerange terletak di kabupaten Barru provinsi Sulawesi Selatan. Pelabuhan Awerange di desain untuk memperlancar pendistribusian barang dan jasa melalui transportasi laut di daerah selat Makassar.

Dalam proyek akhir ini dermaga tersebut direncanakan untuk kapal dengan kapasitas 15.000 DWT yang meliputi perencanaan dimensi dan penulangan struktur sandar dan tambat kapal. Struktur atas dermaga (Pelat lantai, Balok, dan Pile Cap) menggunakan beton bertulang cor di tempat dengan mutu beton $f_c' = 30$ MPa. Sedangkan struktur bawah dermaga menggunakan SPP (Steel Pipe Pile). Posisi pemasangan tiang pancang direncanakan sedemikian rupa agar mampu menahan gaya vertikal dan horizontal. Dalam perencanaan struktur dermaga ini, dianalisis menggunakan software SAP2000 dengan model tiga dimensi. Penulangan struktur dan stabilitas struktur (terhadap retak dan pengaruh lendutan) mengacu pada SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.

Dari hasil perencanaan ditetapkan dimensi dermaga 180m x 23m dan dimensi tretle 150m x 10m. Dimensi balok

crane dermaga 120cm x 220cm, balok memanjang dan melintang dermaga 100cm x 180cm, balok tepi dermaga 60cm x 100cm, dan balok melintang dan memanjang dermaga 60cmx100xcm. Tiang pancang dermaga menggunakan tiang pancang baja ukuran 36" (900 mm) $t=12,5$ mm, 32" (800 mm) $t=12,5$ mm, 30" (750 mm) $t=12,5$ mm, dan untuk tiang pancang trestle menggunakan ukuran 24" (600 mm) $t=12,5$. Pada struktur sandar menggunakan fender merk Bridgestone tipe SM 500 H. sedangkan struktur tambat menggunakan bollard maritime MT50.

Kata kunci : Dermaga General Cargo, Pelabuhan Awerange, Struktur

DESIGN OF STRUCTURE GENERAL CARGO PIER PORT OF AWERANGE, AT BARRU, DISTRICT OF SOUTH CELEBES FOR VESSEL CAPACITY 15.000 DWT

Student : Muhammad Hanif Al-Basyar
NRP : 311 4040 507
Studies : Diploma IV Teknik Sipil FTSP
ITS Surabaya
Lector Advisor : Ir. Chomaedhi, CES. GEO
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.

Abstract

General cargo pier located in awerange, barru district of south celebes. Awerange port is designed to expedite the review of the distribution of goods and services via sea transport in the area is Makassar Strait.

In this Final Project Pier Label is planned to review the capacity of 15,000 DWT with design structure of beam dimensions and reinforcement structure of Vessel berthing and mooring. The top of pier construction (Floor Plates, Beams, and Pile Cap) to use reinforced concrete cast in situ with characteristic quality concrete $f_c' = 30$ MPa. A while of bottom of pier construction used by steel pile pipe. Position installation of the steel pile pipe was designed such a way as to able vertical and horizontal force. In this case of design about construction of pier is analyzed using SAP2000 software with three dimension model. Reinforcement Structure And Stability of Structures (against cracks and deflections influence) refers ON SNI 03-2847-2002 Perencanaan Struktur Beton Untuk bangunan Gedung.

Planning of the findings set dimensions of Pier is 180m x 23m and dimensions of trestle is 150m x 10m. Wharf crane beam dimensions is 120cm x 220cm, longitudinal and transverse beams Pier 100cm x 180cm, beam edge 60cm x

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbilalamin, Puji Syukur Kehadirat Allah SWT, atas Berkah, Rahmat, Hidayah dan hanya dengan pertolongan-Nya jualah sehingga terwujudlah harapan penulis untuk menyusun dan menyelesaikan penulisan Tugas Akhir Terapan yang berjudul **“Perencanaan Struktur Dermaga Genereal Cargo Pelabuhan Awerange, Kab. Barru Sulawesi Selatan. Kapasitas 15.000 DWT”**.

Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Allah SWT atas segala nikmat dan karunia yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas Akhir Terapan ini.
2. Kedua orang tua serta seluruh keluarga atas doa yang tak henti-hentinya dan bantuannya baik berupa moril maupun materil.
3. Bapak Ir. Chomaedi, CES, GEO dan R. Buyung Anugraha A., S.T., M.T. selaku pembimbing yang banyak memberikan petunjuk dan arahan dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan-kekurangan yang tidak terjangkau oleh pengetahuan penulis. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran demi penyempurnaan tugas akhir ini.

Akhirnya, penulis berharap semoga tugas akhir ini nantinya dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya di bidang ketekniksipilan. *Wassalam....*

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Lokasi Proyek.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penetapan Dimensi.....	8
2.1.1. Elevasi Apron.....	8
2.1.2. Dimensi Dermaga.....	9
2.1.3. Dimensi Plat.....	9
2.1.4. Dimensi Balok Rencana.....	10
2.1.5. Dimensi Tiang Pancang Rencana.....	11
2.1.6. Dimensi Poer.....	12
2.2. Pembebanan.....	12
2.2.1. Beban Vertikal.....	13
2.2.2. Beban Horisontal.....	17
2.2.3. Kombinasi Pembebanan.....	27
2.3. Analisa Struktur dan Penulangan.....	29
2.3.1. Penulangan Pada Plat.....	29
2.3.2. Kontrol Stabilitas pada Plat Lantai Dermaga.....	31

2.3.3. Penulangan Pada Balok.....	32
2.3.4. Kontrol Stabilitas Pada Balok.....	38
2.3.5. Penulangan Poer.....	39
2.3.6. Penulangan Shear Ring.....	39
2.3.7. Daya Dukung Pondasi.....	40
2.3.8. Daya Dukung Kapasitas Bahan.....	42

BAB.III METODOLOGI

3.1. Pengumpulan Data.....	45
3.2. Spesifikasi Dermaga.....	45
3.3. Analisa Perencanaan Struktur.....	46
3.4. Penggambaran Struktur.....	49
3.5. Penulisan Laporan.....	49
3.6. Bagan Metodologi.....	50

BAB.IV TATA LETAK DAN DIMENSI DERMAGA

4.1. Penetapan Tata Letak.....	53
4.2. Dimensi Dermaga.....	54
4.2.1. Panjang Dermaga.....	54
4.2.2. Lebar Dermaga.....	54
4.3. Dimensi Trestle.....	54
4.4. Elevasi Apron Dermaga.....	55
4.5. Penentuan Kedalaman Kolam Pelabuhan.....	56
4.6. Penetapan Dimensi Struktur Dermaga.....	56
4.6.1. Dimensi Plat Dermaga.....	57
4.6.2. Dimensi Balok Dermaga.....	57
4.6.3. Dimensi Balok Trestle.....	60

BAB.V ANALISA PEMBEBANAN

5.1. Beban Vertikal.....	63
5.1.1. Beban Vertikal Pada Jetty.....	63
5.1.2. Beban Vertikal Pada Trestle.....	64
5.2. Beban Horisontal.....	65
5.2.1. Beban Tumbukan Kapal (Berthing Force).....	65

5.2.2.	Beban Bertambat Kapal (Mooring Force)	66
5.2.3.	Beban Gempa.....	70
5.3.	Perencanaan Bollard.....	73
5.3.1.	Penempatan Bollard.....	74
5.3.2.	Perencanaan Dimensi Angkur Bollard....	74
5.4.	Pemilihan Tipe dan Dimensi Fender.....	79
5.5.	Jarak Fender.....	80
5.6.	Pemasangan Fender.....	81
5.6.1.	Elevasi Tepi Atas Fender.....	81
5.6.2.	Elevasi Tepi Bawah Fender.....	82
5.6.3.	Gaya Reaksi Fender.....	83

BAB.VI ANALISA STRUKTUR

6.1.	Analisis Struktur.....	85
6.2.	Permodelan Struktur.....	85
6.2.1.	Permodelan Struktur Pelat.....	86
6.2.2.	Permodelan Struktur Balok.....	102
6.2.3.	Permodelan Struktur Pile Cap.....	105
6.2.4.	Permodelan Struktur Tiang Pancang.....	106
6.2.5.	Output Permodelan Struktur.....	108
6.3.	Penulangan dan Kontrol Pelat Dermaga dan trestle.....	108
6.3.1.	Penulangan Pelat Dermaga.....	108
6.3.2.	Kontrol Pelat Dermaga.....	118
6.3.3.	Penulangan Pelat Trestle.....	120
6.3.4.	Kontrol Pelat Trestle.....	130
6.4.	Penulangan Balok Crane Dermaga.....	132
6.4.1.	Penulangan Torsi Balok Crane Dermaga	132
6.4.2.	Penulangan Lentur Balok Crane Dermaga	135
6.4.3.	Penulangan Geser Balok Crane Dermaga	135
6.5.	Penulangan Balok Dermaga.....	145
6.5.1.	Penulangan Torsi Balok Dermaga.....	145
6.5.2.	Penulangan Lentur Balok Dermaga.....	148

6.5.3.	Penulangan Geser Balok Dermaga.....	155
6.6.	Penulangan Balok Trestle.....	160
6.5.4.	Penulangan Torsi Balok Trestle	160
6.5.5.	Penulangan Lentur Balok Trestle.....	163
6.5.6.	Penulangan Geser Balok Trestle	170
6.7.	Penulangan Pile Cap Dermaga dan Trestle...	173
6.8.	Penulangan Plat Fender.....	180
6.9.	Penulangan Virtual Kolom.....	182
6.10.	Panjang Penyaluran ke Struktur Atas dan Base Plate.....	184
6.11.	Perhitungan Shear Ring.....	186
6.12.	Perhitungan Daya Dukung Struktur Bawah...	188
6.11.1.	Daya Dukung Batas Pondasi.....	188
6.11.2.	Daya Dukung Kapasitas Bahan.....	194

BAB.VII PENUTUP

7.1.	Kesimpulan.....	201
7.1.1.	Dari Analisa Penetapan Dimensi.....	201
7.1.2.	Dari Analisa Pembebanan.....	202
7.1.3.	Dari Analisa Struktur.....	203

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar.1.1.	Peta Lokasi Dermaga Awerange, Kab. Barru.....	4
Gambar.1.2.	Layout Dermaga Pelabuhan Awerange, Kab. Barru.....	5
Gambar.2.1.	Model Penyebaran Akibat Roda Kendaraan.....	14
Gambar.2.2.	Jib Portal Crane.....	15
Gambar.2.3.	Beban Hidup Terpusat Jib Portal Crane.....	17
Gambar.4.1.	Layout Rencana Dermaga.....	53
Gambar.4.2.	Elevasi Seabed.....	56
Gambar.4.3.	Dimensi Balok Dermaga	59
Gambar.4.4.	Dimensi Balok Trestle.....	61
Gambar.5.1.	Beban vertikal pada Balok Crane.....	64
Gambar.5.2.	Peta Arus Wilayah Indonesia.....	69
Gambar.5.3.	Grafik Respon Spektrum Pelabuhan Awerange untuk Tanah Sedang.....	71
Gambar.5.4.	Rencana Bollard MT-50.....	73
Gambar.5.5.	Uraian Gaya Bollard.....	74
Gambar.5.6.	Posisi Tali Tambat Terhadap Dermaga	75
Gambar.5.7.	Kondisi Kapal Kosong saat HWS.....	75
Gambar.5.8.	Kondisi Kapal Kosong saat LWS.....	76
Gambar.5.9.	Kondisi Kapal Penuh saat HWS.....	76
Gambar.5.10.	Kondisi Kapal Penuh saat LWS.....	77
Gambar.5.11.	Performance Table Birdgestone marine Fender.....	79
Gambar.5.12.	Dimensi Fender.....	80
Gambar.5.13.	Elevasi Fender.....	82
Gambar.5.14.	Grafik Reaksi dan Berthing Energy.....	83
Gambar.6.1.	Permodelan Struktur Dermaga.....	85
Gambar.6.2.	Permodelan Struktur Trestle.....	86

Gambar.6.3.	Asumsi Pelat Dermaga.....	87
Gambar.6.4.	Asumsi Pelat Trestle.....	87
Gambar.6.5.	Model Struktur Pelat Dermaga.....	88
Gambar.6.6.	Model Struktur Pelat Trestle.....	88
Gambar.6.7.	Beban Hidup Merata Type (L1).....	89
Gambar.6.8.	Beban Hidup Merata Type (L2).....	89
Gambar.6.9.	Beban Hidup Merata Type (L3).....	89
Gambar.6.10.	Beban Hidup Merata Type (L4).....	89
Gambar.6.11.	Beban Hidup Merata Type (L5).....	90
Gambar.6.12.	Beban Hidup Merata Type (L6).....	90
Gambar.6.13.	Beban Hidup Merata Type (L7).....	90
Gambar.6.14.	Beban Hidup Merata Type (L8).....	90
Gambar.6.15.	Beban Hidup Merata Type (L9).....	90
Gambar.6.16.	Kontur Momen M11 Akibat Beban Hidup Merata (L1).....	91
Gambar.6.17.	Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L1).....	91
Gambar.6.18.	Kontur Momen M11 Akibat Beban Hidup Merata (L2).....	91
Gambar.6.19.	Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L2).....	92
Gambar.6.20.	Kontur Momen M11 Akibat Beban Hidup Merata (L3).....	92
Gambar.6.21.	Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L3).....	92
Gambar.6.22.	Kontur Momen M11 Akibat Beban Hidup Merata (L4).....	93
Gambar.6.23.	Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L4).....	93
Gambar.6.24.	Kontur Momen M11 Akibat Beban Hidup Merata (L5).....	93
Gambar.6.25.	Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L5).....	94

Gambar.6.26.	Kontur Momen M11 Akibat Beban Hidup Merata (L6).....	94
Gambar.6.27.	Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L6).....	94
Gambar.6.28.	Kontur Momen M11 Akibat Beban Hidup Merata (L7).....	95
Gambar.6.29.	Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L7).....	95
Gambar.6.30.	Kontur Momen M11 Akibat Beban Hidup Merata (L8).....	95
Gambar.6.31.	Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L8).....	96
Gambar.6.32.	Kontur Momen M11 Akibat Beban Hidup Merata (L9).....	96
Gambar.6.33.	Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L9).....	96
Gambar.6.34.	Beban UDL 1.....	97
Gambar.6.35.	Beban UDL 2.....	97
Gambar.6.36.	Beban UDL 3.....	97
Gambar.6.37.	Beban UDL 4.....	98
Gambar.6.38.	Beban UDL 5.....	98
Gambar.6.39.	Kontur Momen M11 Akibat UDL 1....	98
Gambar.6.40.	Kontur Momen M22 Akibat UDL 1....	99
Gambar.6.41.	Kontur Momen M11 Akibat UDL 2....	100
Gambar.6.42.	Kontur Momen M22 Akibat UDL 2....	100
Gambar.6.43.	Kontur Momen M11 Akibat UDL 3....	100
Gambar.6.44.	Kontur Momen M22 Akibat UDL 3....	100
Gambar.6.45.	Kontur Momen M11 Akibat UDL 4....	100
Gambar.6.46.	Kontur Momen M22 Akibat UDL 4....	101
Gambar.6.47.	Kontur Momen M11 Akibat UDL 5....	101
Gambar.6.48.	Kontur Momen M22 Akibat UDL 5....	101
Gambar.6.49.	Letak Beban Crane 1.....	103
Gambar.6.50.	Letak Beban Crane 2.....	103

Gambar.6.51.	Momen M22 Akibat Beban Crane.....	104
Gambar.6.52.	Momen M33 Akibat Beban Crane.....	104
Gambar.6.53.	Posisi Pile Cap pada Dermaga.....	105
Gambar.6.54.	Posisi Pile Cap pada Trestle.....	106
Gambar.6.55.	Posisi Tiang Pancang pada Dermaga...	107
Gambar.6.56.	Posisi Tiang Pancang pada Trestle.....	107
Gambar.6.57.	Grafik data tanah SPT pada dermaga...	189
Gambar.6.58.	Panjang Penetrasi tiang Ø900.....	191
Gambar.6.59.	Diagram Perhitungan dari Intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang.....	191

DAFTAR TABEL

Tabel.2.1.	Elevasi Dermaga diatas HWS.....	8
Tabel.2.2.	Data Teknis Portal Crane.....	16
Tabel.2.3.	Ketentuan Penetapan Boulder.....	22
Tabel.4.1.	Elevasi Dermaga diatas HWS.....	55
Tabel.4.2.	Resume Dimensi Balok Dermaga.....	59
Tabel.4.3.	Resume Dimensi Balok Trestle.....	61
Tabel.5.1.	Perhitungan Gempa Respon Spektrum..	72
Tabel.5.2.	Hasil Perhitungan Gaya Tambat Angin dan Arus.....	73
Tabel.5.3.	Jarak Pemasangan Boulder	74
Tabel.5.4.	Sudut Vertikal Tali Kapal.....	77
Tabel.5.5.	Perhitungan Resultan Gaya.....	77
Tabel.5.6.	Tinggi Dek Kapal pada saat keadaan Penuh dan Kosong.....	82
Tabel.6.1.	Resume Balok Dermaga.....	102
Tabel.6.2.	Resume Balok Trestle.....	102
Tabel.6.3.	Tipe dan Jenis Pile cap.....	105
Tabel.6.4.	Tipe dan Jenis Pile Tiang Pancang.....	106
Tabel.6.5.	Kebutuhan Tulangan Plat Dermaga.....	117
Tabel.6.6.	Kontrol Retak Pelat Dermaga.....	118
Tabel.6.7.	Kebutuhan Tulangan Plat Trestle.....	117
Tabel.6.8.	Kontrol Retak Pelat Trestle.....	130
Tabel.6.9.	Resume Tulangan Balok Crane.....	144
Tabel.6.10.	Resume Tulangan Balok Melintang Dermaga.....	159
Tabel.6.11.	Resume Tulangan Balok Memanjang Dermaga.....	159
Tabel.6.12.	Resume Tulangan Balok Pinggir Dermaga.....	159
Tabel.6.13.	Resume Tulangan Balok Melintang Trestle.....	172

Tabel.6.14.	Resume Tulangan Balok Melmanjang Trestle.....	172
Tabel.6.15.	Tipe dan jenis Pile Cap.....	173
Tabel.6.16.	Kontrol Momen Penulangan Pile Cap..	178
Tabel.6.17.	Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Pile Cap.....	178
Tabel.6.18.	Resume Tulangan Kolom Virtual Dermaga dan Trestle.....	183
Tabel.6.19.	Resume Panjang Penyaluran dan Base Plate.....	186
Tabel.6.20.	Resume Kekuatan Shear Ring dan Las	187
Tabel.6.21.	Kebutuhan Shear Ring.....	187
Tabel.6.22.	Intensitas Gaya Geser Dinding Tiang..	188
Tabel.6.23.	Gaya Geser Permukaan Tiang Berdasarkan Lapisan Tanah.....	190
Tabel.6.24.	Resume Daya Dukung Pondasi Akibat Beban Vertikal.....	192
Tabel.6.25.	Resume Daya Dukung Pondasi Akibat Beban Horisontal.....	194
Tabel.6.26.	Resume Kapasitas Bahan Tiang Pancang.....	200
Tabel.7.1.	Resume Dimensi Balok Dermaga.....	195
Tabel.7.2.	Resume Dimensi Balok Trestle.....	195
Tabel.7.3.	Resume Dimensi Pile Cap dan Tiang Pancang.....	196
Tabel.7.4.	Kebutuhan Tulangan Pelat Dermaga....	197
Tabel.7.5.	Kebutuhan Tulangan Pelat Trestle.....	198
Tabel.7.6.	Kebutuhan Tulangan Balok Dermaga...	199
Tabel.7.7.	Kebutuhan Tulangan Balok Trestle.....	200
Tabel.7.8.	Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Pile Cap.....	200

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Barru terletak di Pantai Barat Sulawesi Selatan, berjarak sekitar 100 km arah utara Kota Makassar. Memiliki wilayah laut teritorial seluas 4 mil dari pantai sepanjang 78 km berbatasan dengan selat Makassar dan wilayah laut teritorial Kabupaten Pangkep dan Pare-Pare. Dan untuk melancarkan kegiatan pendistribusian barang dan jasa dibutuhkan fasilitas pelabuhan yang baik. Salah satu Pelabuhan yang digunakan adalah Pelabuhan Awerange.

Awerange adalah Pelabuhan berjenis pelabuhan rakyat yang melayani pelayaran rakyat. Mendistribusikan barang dan jasa ke antar pulau dibagian selat Makassar. Sejak tahun 2012 pembangunan telah dilakukan hingga tahap kedua yaitu struktur trestle dan reklamasi di bibir pantai. Pada tahap selanjutnya akan dilanjutkan pembangunan perpanjangan struktur dermaga sehingga dapat melayani kegiatan bongkar muat kargo sehingga dapat menunjang kegiatan arus lalu lintas transportasi angkutan laut. Selain menunjang arus transportasi laut, pelabuhan Awerange berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan perekonomian daerah Kabupaten Barru dan sekitarnya yang merupakan daerah pesisir laut.

Tugas akhir ini mengambil perencanaan struktur dermaga, kemudian mendesain struktur atas, struktur bawah, beban vertikal diantaranya truk, dan beban horisontal yang diantaranya gaya tumbukan kapal.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dihadapi dalam proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menentukan dimensi dermaga dan elemen struktur dermaga.
2. Apa saja beban yang bekerja pada struktur dermaga tersebut.
3. Bagaimana cara menganalisis struktur dermaga tersebut.
4. Bagaimana merencanakan struktur konstruksi dermaga sehingga bisa dilakukan pembangunan.

1.3 Batasan Masalah

Mengingat luasnya bidang perencanaan yang akan timbul dan keterbatasan waktu pengerjaan maupun disiplin ilmu yang dikuasai. Maka perlu batasan masalah sebagai berikut :

1. Perhitungan struktur dititik beratkan pada struktur dermaga.
2. Perumusan yang digunakan sesuai literatur yang ada.
3. Perencanaan Struktur yang dilakukan adalah untuk mengetahui dimensi, analisis struktur dan kontrolnya.
4. Perencanaan ini tidak meninjau analisis biaya, manajemen konstruksi.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut, :

1. Menentukan dimensi dari dermaga yang meliputi: panjang, lebar, dan elevasi dermaga, serta struktur elemen dermaga yang meliputi: plat, balok, tiang pancang, dan pile cap.
2. Menentukan beban – beban yang bekerja pada struktur dermaga.
3. menganalisis gaya – gaya dalam struktur dermaga untuk menghitung kekuatan struktur dermaga dalam merespon beban – beban yang bekerja.
4. Merealisasikan hasil perhitungan dan perencanaan dalam bentuk gambar teknik.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut, :

1. Mendapatkan suatu desain dermaga yang mampu menahan gaya – gaya yang timbul akibat beban – beban yang bekerja pada dermaga tersebut.
2. Mendapatkan gambaran tentang perhitungan struktur dermaga, yang direncanakan untuk menampung kapal dengan kapasitas sebesar 15.000 DWT.
3. Menambah wawasan dan pengalaman yang timbul dalam perencanaan struktur dermaga ini.

1.6 Lokasi Proyek

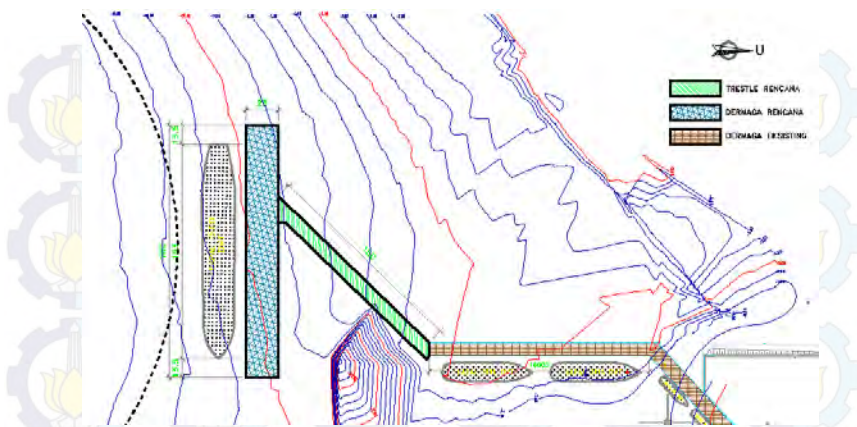
Kabupaten : Barru

Provinsi : Sulawesi Selatan

Letak geografis : $4^{\circ}13'5.69''\text{S}$, $119^{\circ}36'55.02''\text{U}$



Gambar 1.1 Peta Lokasi Dermaga Awerange, Kab. Barru



*Gambar 1.2 Layout Dermaga Pelabuhan Awerange,
Kab. Barru*



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam perencanaan struktur dermaga ini ada beberapa tahap yang akan dikerjakan. Tahap pertama yaitu, penetapan dimensi dermaga dan dimensi elemen struktur. Penetapan dimensi dermaga meliputi penetapan panjang, lebar, dan elevasi dermaga yang mengacu pada *Standard design Criteria for Ports in Indonesia 1984* dan *Desain Kriteria Perencanaan pelabuhan, Direktorat Jenderal perhubungan Laut Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan, 1984*. Ada beberapa hal dalam penetapan dimensi elemen struktur yaitu elemen plat dan balok, poer dan tiang pancang berdasarkan *Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992* dan *Bridge Design Manual BMS Part 3 section 5*. Tahap kedua adalah perencanaan pembebanan yang meliputi beban vertikal dan beban horizontal. Yang termasuk beban vertikal yaitu beban mati dan beban hidup, sedangkan beban horizontal terdiri dari beban tumbukan kapal, beban tambat kapal, beban gempa, dan beban gelombang. Dalam perencanaan pembebanan ini berdasarkan peraturan *Standard design criteria for ports in Indonesia, 1984*, *Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992* dan *Technical Standards for Ports and Harbour Facilities in Japan, 1980*. Tahap ketiga adalah penulangan elemen struktur plat dan balok. *Perencanaan penulangan berdasarkan peraturan Beton bertulang Indonesia 1971, SK-SNI T-15-1991-03*, dan *Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992*. Tahap keempat adalah daya dukung pondasi. Dalam perhitungan daya dukung pondasi, pembebanan diperoleh dari permodelan struktur dan perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil penyelidikan tanah.

2.1. Penetapan Dimensi

Perencanaan dimensi demaga ini meliputi elevasi apron, dimensi dermaga, plat, balok memanjang, tiang pancang dan pile cap (poer).

2.1.1. Elevasi Apron

Penetapan kedalaman air rencana pada perencanaan dermaga umum Makassar ini didasarkan pada Standard design Criteria for Ports ini Indonesia, 1984, pasal 6.2.5 halaman 27, adalah $(1,05 - 1,15) \times$ sarat maksimum.

Pengertian apron pada dermaga adalah daerah yang terletak antara sisi dermaga dan sisi depan gudang dimana terdapat pengalihan kegiatan angkutan laut ke angkutan darat. Dalam perencanaan ini penentuan elevasi lantai dermaga (apron) ditentukan oleh keadaan pasang surut dan jenis kapal rencana. Berdasarkan *Desain Kriteria Perencanaan Pelabuhan, Direktorat Jenderal Perhubungan Laut Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan, 1984, halaman 5*. Ditentukan besarnya elevasi lantai dermaga diatas HWL berdasarkan besarnya pasang surut air laut dan kedalaman air rencana sebagai berikut :

Tabel 2.1. Elevasi Dermaga diatas HWS

	Pasang Surut terbesar 3m atau lebih	Pasang surut kurang dari 3 m
Dermaga untuk kapal – kapal yang memerlukan kedalaman air $\geq 4,5$ m	0,5 – 1,5 m	1,0 – 3,0 m
Dermaga untuk kapal – kapal yang memerlukan kedalaman air $< 4,5$ m	0,3 – 1,0 m	0,5 – 1,5 m

Berdasarkan ketentuan tabel 2.1., penentuan elevasi apron dengan kedalaman air rencana 4,5 m atau lebih besar pasang surut kurang dari 3 m adalah 1,0-3,0 m diatas HWL.

2.1.2. Dimensi Dermaga

Penentuan panjang dermaga tergantung oleh penggunaan tambatan dan ukuran kapal rencana. Secara prinsip menurut *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, table 7.1.1. halaman 29*, panjang dermaga rencana adalah $Loa + 10\%$.

Lebar apron dermaga direncanakan sesuai dengan kebutuhan dermaga dalam memperlancar proses bongkar muat barang dan penumpang dengan aman, cepat, dan lancar. Lebar apron dermaga juga disesuaikan dengan kebutuhan perputaran truk.

2.1.3. Dimensi Plat

Pada perencanaan dermaga, lantai dermaga berfungsi sebagai penerima beban mati, beban hidup, dan beban terpusat yang bekerja langsung di atasnya. Beban yang diterima beserta berat sendiri diteruskan ke balok melintang dan memanjang. Pada lantai dermaga terdapat boulder untuk menambatkan kapal.

Perhitungan kekuatan plat lantai dermaga terlentur berdasarkan *Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 Tabel 5.2 hal 5-4*, harus mempunyai tebal minimum (D) :

$$D \geq 200 \text{ mm} \dots\dots\dots (2-1)$$

$$D \geq 100 + 0,04L \text{ mm} \dots\dots\dots (2-2)$$

Dengan :

D = tebal plat lantai (mm)

L = bentang dari plat lantai antara pusat dan tumpuan (mm)

Untuk plat lantai yang menerus dengan 3 tumpuan atau lebih bisa direduksi 10 % dari tebal ketebalan minimum.

2.1.4. Dimensi Balok Rencana

Pada sebuah dermaga, terdapat balok yang terletak di bawah plat lantai dermaga yang terdiri dari balok melintang dan memanjang. Dalam perencanaan dimensi balok melintang dan memanjang digunakan perbandingan dua metode, yakni metode berdasarkan **Bridge Design Manual BMS Part 3 section 5 hal. 5-4**. Dan metode keretakan akibat beban yang bekerja melebihi batas rencana (beban ultimate).

- Metode BMS

Bahwa tinggi efektif gelagar (balok melintang dan memanjang) dengan kekakuan memadai direncanakan berdasarkan ketentuan berikut ini :

$$D \geq 165 + 0.06L \dots\dots\dots (2-3)$$

Dengan :

D = tinggi gelagar (balok memanjang dan melintang)

L = panjang gelagar (balok melintang dan memanjang)

Tinggi gelagar menerus adalah 90% dari tinggi bentang sederhana diatas.

Kontrol Kelangsingan Balok

Berdasarkan Peraturan Perencanaan **Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 6.5.8.2. hal 6-47**, kontrol kelangsingan minimum balok atau gelagar digunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{L_t}{b_{eff}} \leq 240 \frac{b_{eff}}{D} \dots\dots\dots (2-4)$$

$$\frac{L_t}{b_{eff}} \leq 60 \dots\dots\dots (2-5)$$

Dengan :

L_t = Jarak antar pengekang melintang (mm)

b_{eff} = Lebar balok (mm)

D = Tinggi total balok (mm)

2.1.5. Dimensi Tiang Pancang Rencana

Jenis pondasi pada struktur bangunan bawah dermaga samudera (ocean going) pelabuhan direncanakan menggunakan tiang pancang. Dalam perencanaan dimensi tiang pancang dilakukan trial dan error (coba-coba) dengan menggunakan SAP 2000, dicari kemungkinan model struktur yang mengalami defleksi terkecil, dengan mempertimbangkan :

- Model struktur potongan melintang
- Susunan tiang pancang
- Banyak sedikitnya tiang pancang
- Modifikasi dimensi tiang pancang

Penentuan Lokasi Penjepitan tiang Pancang

Panjang lokasi penjepitan tiang pancang merupakan asumsi panjang penjepitan tiang pancang yang digunakan dalam input SAP 2000. Panjang penjepitan (l_0) dihitung dari rumus L.Y. Chang (**Standard Teknis untuk Sarana – Sarana Pelabuhan di Jepang, Maret, 1995 hal 142-144**), diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_h \cdot B}{4EI}} \dots \dots \dots (2-6)$$

$$l_{m1} = \frac{1}{\beta} \left(\tan^{-1} \frac{1-\beta h}{1+\beta h} + \pi \right) \dots \dots \dots (2-7)$$

$$l_{y1} = \frac{1}{\beta} \left(\tan^{-1} \frac{1-\beta h}{1+\beta h} \right) \dots \dots \dots (2-8)$$

$$k_h = 0.15 N \dots \dots \dots (2-9)$$

Dengan :

E = Modulus elastisitas tiang (kg/cm²)
= 2 x 10⁶ kg/cm²

I = Momen Inersia tiang (cm⁴)

H = Tinggi Pembebanan

k_h = modulus reaksi horizontal yang harganya konstan sepanjang tiang terbenam diperoleh dari Technocal Standards For

Port and harbor Facilities in Japan 1980
hal. 214

D = Diameter riang (cm)

Untuk memperhitungkan pengaruh teknik baik selama pemancangan maupun saat memikul beban permanent, diambil persyaratan teknis *menurut Technical Standards For Port and Harbour Facilities in japan 1980* sebagai berikut :

$$\frac{L}{D} \leq 60 - 70 \dots \dots \dots (2-10)$$

Dengan :

L = Panjang tiang yang berpengaruh tekuk
(mm)

D = Panjang diameter tiang (mm)

2.1.6. Dimensi Poer

Poer (pile cap) yang berfungsi sebagai konstruksi penahan eksentrisitas di lapangan. Penentuan dimensi poer dalam perencanaannya mengandalkan kekuatan pile cap. Sedangkan dalam pemasangan tiang pancang diperhitungkan pengaruh korosi. Peraturan Perencanaan Teknik jembatan BMS 1992 pasal 4.5.7.9. hal 4-40, adalah dalam daerah pasang surut derajat korosi untuk perencanaan dapat digunakan dua kali 0.08 mm.

2.2. Pembebanan

Pada struktur dermaga, beban – beban yang bekerja meliputi beban – beban vertikal (beban sendiri struktur, beban lantai dan balok, beban truk), beban horizontal (beban benturan kapal, beban tambatan kapal, gaya gempa, gaya gelombang). Dari hasil perhitungan merupakan input program komputer SAP 2000 untuk mengetahui axial, gaya geser (shear force), momen dan torsi.

2.2.1. Beban Vertikal

2.2.1.1. Beban yang bekerja pada Plat

- **Beban Merata**

- a. Beban mati (q_D) meliputi :

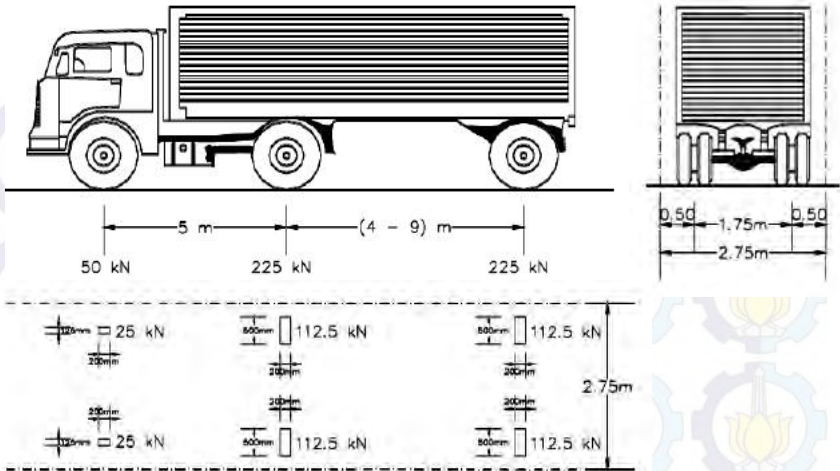
- Beban sendiri plat lantai kendaraan ($t = 25$ cm)
- Beban aspal beton ($t = 5$ cm)
- Beban air hujan ($t = 5$ cm)

- b. Beban hidup merata (q_L), khusus bekerja pada plat lantai dermaga berdasarkan **Standard design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, pasal V.2 tabel 5.3. hal. 16** sebesar 2 t/m^2 .

- **Beban Terpusat**

- a. Beban Truck Container

Beban terpusat akibat muatan T roda kendaraan berdasarkan Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 2.3.4.1. hal. 2-27. Beban truk T adalah beban yang diakibatkan oleh kendaraan semitrailer yang mempunyai susunan berat as seperti terlihat pada gambar 2.1. berdasarkan gambar tersebut perhitungan lebar penyebaran beban kerja pada plat dengan anggapan bahwa plat dengan ketebalan tertentu yang memikul beban satu arah dinyatakan sebagai lebar manfaat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.1. berikut ini :



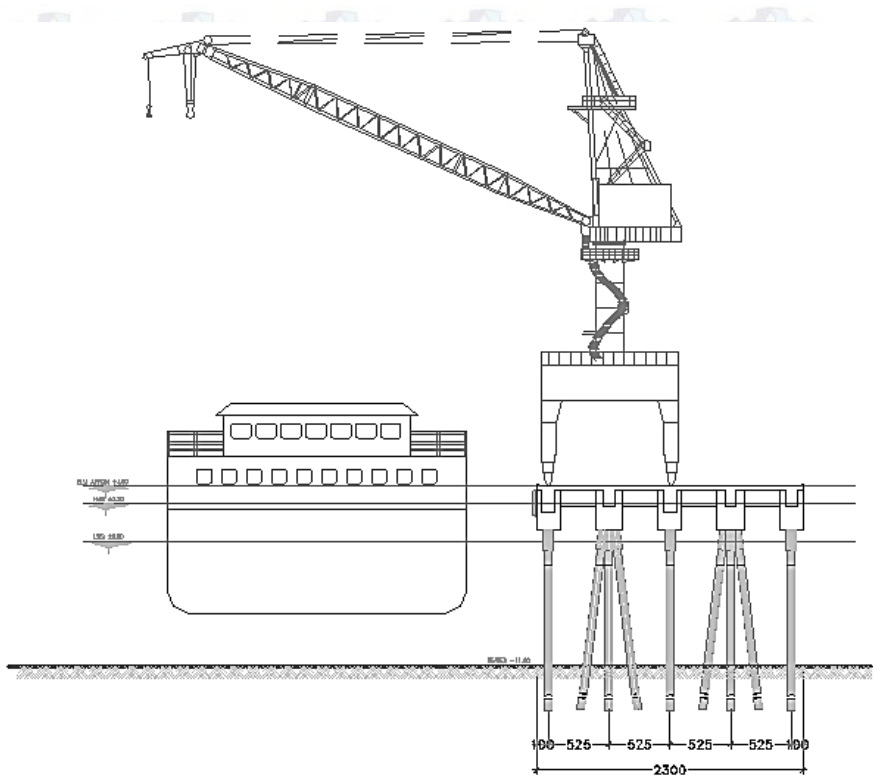
Gambar 2.1. Model penyebaran beban akibat roda kendaraan

Ukuran beban terpusat pada kendaraan :

- Arah bentang I_y = $a = 30 + (2 \times 17.5) = 65$ cm
- Arah bentang I_x = $b = 50 + (2 \times 17.5) = 85$ cm

b. Beban Portal Crane

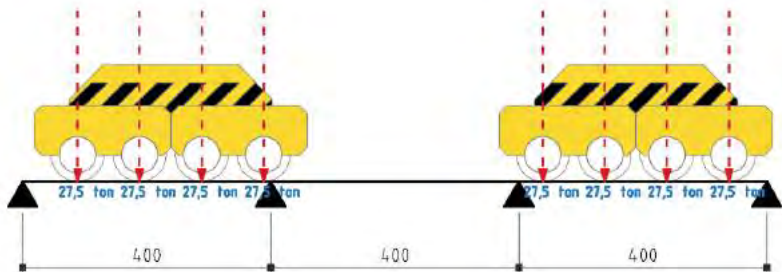
Peralatan bongkar muat dermaga pelabuhan awerange direncanakan menggunakan single jib portal crane, dengan rel pada penggeraknya. Berdasarkan Technical Standards and Commentaries For Port and Harbour facilities in Japan (OCDI 2002) pasal 115.3.4. untuk beban akibat alat bongkar muat diambil kondisi maksimal pada saat alat berada diatas dermaga. Untuk Jarak antar as roda 1 meter dan 4.5 meter antar as roda dalam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut ;



Gambar 2.2. Jib Portal Crane

Tabel 2.2. Data Teknis Portal Crane

NO.	TYPE	CAPACITY	LUFFING		HOISTHEIGHT		SPAN× BASE (m)	MAX WHEEL LOAD (KN)	Capability (KW)	SHIP (DWT)
			MAX	MIN	UP	DOWN				
1	BP209	2	9	4	6	6	4.5×4.5	40	22	200
2	BP315	3.2	15	56	12	8	6x6	80	42	500-2500
3	BP322	3.2	22	7	14	8	6×6	90	58	1000-3000
4	BP515	5	15	6	12	9	6x6	120	120	500-1500
8	BP525	5	15	56	12	8	6x6	80	42	5000
9	BP1020	(hook)10	20	7	15	10	10.5×10.5	115	103	5000
		(grab)5								
10	BP2020	20	20	7	16	10	10.5X10.5	165	145	3000
11	BP1025	(hook)10	25	8	20	12	10.5×10.5	185	132.8	5000
		(grab)5								
12	BP-1625	(hook)16	25	8	20	12	10.5×10.5	185	305	5000
		(grab)10								
13	BP-1627	(hook)16	27	10	22	15	10.5×10.5	185	305	10000
		(grab)10								
14	BP-1030	(hook)10	30	11	25	15	10.5×10.5	275	305	15000
		(grab)5								



Gambar 2.3. *Beban Hidup terpusat Jib Portal Crane*

2.2.1.2. **Beban vertikal yang bekerja pada balok**

- **Beban Merata**

- a. **Beban mati (qD) meliputi :**

- **Beban sendiri plat lantai kendaraan ($t = 25$ cm)**
- **Beban aspal beton ($t = 5$ cm)**
- **Beban air hujan ($t = 5$ cm)**

- b. **Beban hidup merata (qL), khusus bekerja pada plat lantai dermaga berdasarkan **Standard design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, pasal V.2 tabel 5.3. hal. 16** sebesar 2 t/m^2 .**

2.2.2. **Beban Horisontal**

2.2.2.1. **Beban Tumbukan Kapal (Berthing Force)**

Beban tumbukan kapal diterima oleh sistem fender yang dipasang sepanjang dermaga dan letaknya diatur sedemikian rupa sehingga dapat menyerap energi benturan kapal dan dermaga. Untuk mengetahui gaya tumbukan kapal harus direncanakan sistem fender yang akan dipasang pada dermaga tersebut, dengan langkah langkah sebagai berikut,:

- **Energi Bertambat Efektif**

Energi bertambat efektif dihitung dengan rumus pada Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, hal. 10. Rumus ini digunakan dengan mempertimbangkan metode merapat kapal serta jenis fender yang akan digunakan, sehingga rumus dipakai adalah :

$$E = \frac{W.V^2}{2g} k \dots\dots\dots (2-11)$$

Dengan :

- E = Energi tambat kapal
- V = Kecepatan merapat kapal (m/s)
- g = Percepatan gravitasi (m/s²) = 9,8 m/s²
- W = Virtual Weight (KN)
- K = Faktor eksentrisitas

- **Energi Bertambat Kapal**

- a. Displacement weight (W1) (Design Marine Fender Bridgestones)

$$W_1 = \frac{4}{3} DWT \dots\dots\dots (2-12)$$

Dengan :

- W₁ = Displacement weight (ton)
- DWT = Dead Weight Tonnage kapal rencana (ton)

- b. Additional weight (W2) (Design Marine Fender Bridgestones)

Menurut rumus Stelson Mavils, additional weight yaitu,:

$$W_2 = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times \gamma_w \dots\dots\dots (2-13)$$

Dengan :

- W₂ = Additional weight (KN)
- D = Sarat Penuh Maksimum (m)
- L = Panjang Kapal (m)
- Γ_w = berat isi air laut (1,025 t/m³)

- c. Virtual weight (W) (Design Marine Fender Bridgestones), Menurut rumus Stelson Mavils, additional weight yaitu,:

$$W = W_1 + W_2 \dots \dots \dots (2-14)$$

Dengan :

W_1 = Displacement weight (ton)

W_2 = Additional weight (KN)

W = Virtual Weight (KN)

- d. Faktor Eksentrisitas (Design Marine Fender Bridgestones)

$$k = \frac{1}{1 + (d/r)^2} \dots \dots \dots (2-15)$$

Dengan :

d = jarak titik tengah kapal dengan titik terjauh sentuh kapal dengan dermaga dengan garis dermaga (m)

r = jari-jari girasi antara garis vertikal melalui titik tengah kapal dengan garis horizontal kapal (m)

- **Penentuan Tipe dan Dimensi Fender**

Tipe dan dimensi fender harus memenuhi syarat, yaitu :

E (energy bertambat efektif) (ton) $\leq n \times E_{\text{fender}}$ (ton)

- **Jarak Fender**

Spasi Fender arah Horisontal menurut *New Selection of Fender, Sumitomo, pasal 5-1 rumus 9.1* adalah :

$$2l \leq 2 = \sqrt{HF \left[\frac{B}{2} + \frac{l^2}{8b} - HF \right]} \dots \dots \dots (2-16)$$

Dengan :

$2l$ = Spasi Fender (m)

H_f = Tebal Fender (m)

B = Lebar Kapal (m)

L = Panjang Kapal (m)

- **Penentuan Elevasi Fender**

- Elevasi Tepi Atas Fender

$$hi = \frac{H - (\delta_{maks} \times H)}{tg\theta} \dots \dots \dots (2-17)$$

Dengan :

hi = jarak Atas Fender (m)

H = Tebal Fender (m)

δ_{maks} = Sudut kemiringan tebal fender (°)

- Elevasi Tepi bawah

Penentuan elevasi tepi bawah fender yaitu :

Elevasi tepi bawah = El. Top of fender - L_{fender}

- **Penentuan gaya reaksi Fender (R)**

- Energi yang diserap fender (E_{fender})

$$E_{fender} = \frac{E}{2xLs} \dots \dots \dots (2-18)$$

Dengan :

E_{fender} = Energi yang diserap Fender (KNm)

E = Energi yang bertambat efektif (KNm)

Ls = Panjang bidang sentuh (m)

- Energi reaksi tiap fender (E_{fender})

$$R = Rf \times Ls \dots \dots \dots (2-19)$$

Dengan :

R = Reaksi tiap Fender (KN)

RF = Karakteristik fender rencana (ton/m), nilai RF ditentukan berdasarkan kurva karakteristik fender rencana

Ls = Panjang bidang sentuh kapal pada fender (m)

2.2.2.2. Beban Bertambat Kapal (Mooring Force)

Gaya tambat kapal (mooring force) akibat pengaruh gaya angin dan arus ditahan oleh alat penambat (boulder). Nilai gaya tambat yang bekerja pada boulder ditentukan dari besarnya beban yang bekerja pada boulder akibat angin dan arus, kemudian dipilih yang paling dominan.

- **Gaya tambat kapal akibat pengaruh angin**

Gaya angin dihitung menurut *Design Manual Marine Fender Bridgestone Design-33*, yaitu :

$$R = 0,5 \times p \times C \times U^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta) \dots\dots\dots(2-20)$$

Dengan :

R = Gaya Angin (Kg)

p = berat jenis udara (0,123 kg.sec²/m⁴)

C = Koefisien Angin (m/s)

A = Luas bagian depan / frontal kapal diatas permukaan angin (m²)

B = Luas bagian samping / frontal kapal diatas permukaan angin (m²)

Φ = Sudut arah angin terhadap sumbu kapal

- **Gaya tambat kapal akibat pengaruh arus**

Akibat arus dihitung menurut *Design Manual Marine Fender Bridgestone Design-34*, yaitu :

- Dianggap arah arus menuju kapal tegak lurus dengan sumbu kapal

$$R_p = K \times D \times V t^2 \dots\dots\dots (2-21)$$

Dengan :

R_p = Gaya arus maksimum (Kg)

K = Koefisien Arus = 1,00

D = Daerah di bawah garis sarat kapal
= $Loa \times 1/3 D$ (full load draft)

Vt = Kecepatan Arus (m/s)

- Dianggap arah arus menuju kapal sejajar dengan sumbu kapal

$$R_p = K \times D \times t^2 \dots\dots\dots (2-22)$$

Dengan :

R_p = Gaya arus maksimum (Kg)

K = Koefisien Arus = 1,00

D = Daerah di bawah garis sarat kapal
= $Loa \times 1/3 D$ (full load draft)

t = Kecepatan Arus (m/s)

- **Menentukan posisi boulder dermaga**

Penentuan posisi boulder berdasarkan ketentuan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, tabel 7.5 hal. 33* adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3. Ketentuan Penetapan Boulder

Gross Tonnage of Ship	Max. Spacing of Bollard	Min. Number of installation per Perth
5.001 – 20.000	25	6

- **Perencanaan Dimensi Boulder**

- Menghitung reaksi reaksi yang bekerja pada boulder untuk menentukan luas anker boulder
- Menentukan diameter anker boulder dengan menggunakan rumus :

$$d = \sqrt{\frac{As}{1/4\pi}} \dots \dots \dots (2-23)$$

Dengan :

d = Diameter boulder (mm)

As = luas anker Boulder

- Menentukan tebal plat boulder dengan menggunakan rumus :

$$t = \sqrt{\frac{M}{1/6 D \sigma}} \dots \dots \dots (2-24)$$

- Menentukan penjangkaran baut boulder
Panjang penjangkaran baut boulder menurut **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) hal 5 – 156** untuk suatu batang kait dengan fy sama dengan 400 MPa harus diambil sebesar :

$$L_{sf1} = \frac{k1.k2.fsy.Ab}{(2a+db)\sqrt{f'c}} \geq 25 \times k1 \times db \dots \dots (2-25)$$

Dengan :

k1 = 1.0 (batang memanjang lain)

k2 = 2.4 (batang memanjang lain)

Ab = Luas penampang baut (mm²)

Db = Diameter baut

L_{sf1} = Panjang penjangkaran baut boulder (mm)

2.2.2.3. Beban Gempa

Berdasarkan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, hal. 10*, bahwa dalam perencanaan dermaga pengaruh dari gempa diperhitungkan, sehingga dermaga tersebut nantinya mampu menahan gempa yang terjadi. Perhitungan beban gempa yang dilakukan pada tiap portal karena gaya horizontal akibat beban gempa diterima oleh tiang pancang. Langkah-langkah perhitungan gaya gempa pada struktur adalah sebagai berikut :

- Menentukan beban nominal bangunan dari beban hidup (dengan faktor reduksi 0,5)
- Menghitung gaya geser dalam akibat gempa (V) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{C \times I}{R} \times W_t \dots \dots \dots (2-26)$$

Dengan :

C = Faktor respon rencana

I = Faktor keutamaan bangunan

R = Faktor reduksi gempa maksimum

W_t = Berat total bangunan

Nilai – nilai tersebut didapat dari tabel tabel pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002), yang kemudian dimasukkan dalam program SAP 2000.

2.2.2.4. Beban Gelombang

Gaya tekan pada tiang pancang, tidak diperhitungkan secara rinci distribusi gaya dan momen sepanjang tiang pancang, tapi memperhitungkan gaya dan momen maksimumnya seperti yang terdapat pada buku

Perencanaan Fasilitas Pantai dan Laut, Widi Pratikno dkk, hal. 133-161, seperti dibawah ini :

$$f = f_i \times f_d \dots \dots \dots (2-27)$$

$$F = \int_{-a}^n f_i dz + \int_{-a}^n f_d dz = F_i + F_d \dots (2-28)$$

Dengan :

f_i = Gaya – gaya inersia per unit panjang

f_d = Gaya – gaya drag per unit panjang

n = Elevasi permukaan air

F = Total gaya horizontal

F_i = Total gaya horizontal inersia per unit panjang

F_d = Total gaya horizontal drag per unit panjang

$$f_{im} = C_m . p . \frac{\pi . D^2}{4} H . K_i \dots \dots \dots (2-31)$$

$$f_{dm} = C_d . \frac{1}{2} . p . g . D . H^2 . K_d \dots \dots \dots (2-32)$$

Dengan :

F_{im} = Total gaya inersia horizontal maksimum pada tiang pancang

f_{dm} = Total gaya drag horizontal maksimum pada tiang pancang

c_m dan c_d = koefisien drag dan inersia

p = Berat jenis air laut = 104,1 kg/m³

g = 9.8 m/s²

D = Diameter tiang pancang

H = Tinggi Gelombang

K_i & K_d = Parameter non dimensional untuk total gaya inersia dan drag

Apabila momen – momen yang ditimbulkan akibat gaya gelombang dibutuhkan hasilnya, maka

gaya yang terjadi harus dikalikan dengan lengannya. Sehingga momen maksimum yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$M_{im} = f_{im} \times d \times Sim \dots \dots \dots (2-33)$$

$$M_{dm} = f_{dm} \times d \times S_{dm} \dots \dots \dots (2-34)$$

Dengan :

Sim = Parameter non dimensional untuk gaya inersia

S_{dm} = Parameter non dimensional untuk gaya drag

D = Kedalaman Air

Harga K_i , K_d , Sim , dan S_{dm} dapat diperoleh dengan menggunakan grafik grafik. Perhitungan gaya horizontal maksimum (F_m) dan momen maksimum (M_m) dapat juga ditentukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$F_m = \phi_m \cdot p \cdot C \cdot d \cdot H^2 \cdot DM_m = a_m \cdot p \cdot C \cdot d \cdot H^2 \cdot Dd \dots \dots \dots (2-36)$$

Dengan :

ϕ_m = Koefisien gaya horizontal yang tidak berdimensi

a_m = Koefisien momen yang tidak berdimensi

Persamaan diatas ditentukan dengan menggunakan parameter non dimensional w dengan alur pengerjaan :

Penentuan koefisien hidrodinamika C_d dan C_m

$$C_M = 2.0 \quad \text{apabila } Re < 2,5.10^5$$

$$C_M = 2.5 - Re/5.10^5 \quad \text{apabila } 2,5.10^5 < Re < 5.10^5$$

$$C_M = 1,5 \quad \text{apabila } Re > 5.10^5$$

Cd ditentukan dengan menggunakan grafik antara Re dengan Cd, dimana :

a. $Re = \frac{U_{maks}.D}{\nu} \dots \dots \dots (2-37)$

Dengan :

U_{maks} = Kecepatan Horizontal maksimum

D = Diameter tiang pancang

ν = Viskositas kinematik zat cair
($1.10^5 \text{ ft}^2/\text{s}$ atau $9,3.10^5 \text{ m}^2/\text{s}$ pada
2° C (fresh water))

b. $U_{maks} = \frac{\pi.H}{T} \left(\frac{Lo}{La} \right) \dots \dots \dots (2-38)$

Dengan :

Lo/La diperoleh dari grafik antara $\left(\frac{d}{gr^2} \right)$
dengan

La/Lo dengan ditentukan nilai $\left(\frac{H}{gr^2} \right)$

2.2.3. Kombinasi Pembebanan

Di dalam *Standard Design Criteria For Port in In Indonesia, januari (1984)* tidak mengatur cara kombinasi pembebanan tetapi hanya mengatur besarnya beban yang bekerja. Sedangkan pada *Port of Long Beach Wharf Design Criteria, February (2012)* disebutkan bahwa beban gempa, angin dan gaya tarik boulder dianggap sebagai beban pada kondisi khusus, yaitu beban sementara. Dalam perencanaan ini digunakan beberapa kombinasi beban sebagai berikut:

- a. Kombinasi pembebanan pada dermaga
1. 1,2 DL
 2. 1,2 DL + 1,6 LL
 3. 1,2 DL + 1,6 LL + 1,6 CL
 4. 1,2 DL + 1,0 LL
 5. 1,2 DL + 1,0 LL + 1,6 CL
 6. 0,9 DL

7. $1,2 \text{ DL} + 0,1 \text{ LL}$
8. $1,2 \text{ DL} + 0,1 \text{ LL} + 1,6 \text{ BL}$
9. $1,2 \text{ DL} + 1 \text{ LL} + 1,3 \text{ ML}$
10. $1,318 \text{ DL} + 1,0 \text{ EQx} + 1,0 \text{ EQy}$
11. $1,318 \text{ DL} + 0,1 \text{ LL} + 1,0 \text{ EQx} + 1,0 \text{ EQy}$
12. $0,628 \text{ DL} + 1,0 \text{ EQx} + 1,0 \text{ EQy}$
13. $0,628 \text{ DL} + 1 \text{ LL} + 1,0 \text{ EQx} + 1,0 \text{ EQy}$
14. DL
15. $\text{DL} + \text{LL}$
16. $\text{DL} + \text{LL} + \text{CL}$
17. $\text{DL} + \text{LL} + \text{BL}$
18. $\text{DL} + \text{LL} + \text{ML}$
19. $\text{DL} + \text{EQx} + \text{EQy}$
20. $\text{DL} + \text{LL} + \text{EQx} + \text{EQy}$

b. Kombinasi pembebanan pada trestle

1. $1,2 \text{ DL}$
2. $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$
3. $1,2 \text{ DL} + 1 \text{ LL}$
4. $0,9 \text{ DL}$
5. $1,318 \text{ DL} + 1 \text{ EQx} + 1 \text{ EQy}$
6. $1,318 \text{ DL} + 0,1 \text{ LL} + 1,0 \text{ EQx} + 1,0 \text{ EQy}$
7. $0,628 \text{ DL} + 1,0 \text{ EQx} + 1,0 \text{ EQy}$
8. $0,628 \text{ DL} + 1 \text{ LL} + 1,0 \text{ EQx} + 1,0 \text{ EQy}$
9. DL
10. $\text{DL} + \text{LL}$
11. $\text{DL} + \text{EQx} + \text{EQy}$
12. $\text{DL} + \text{LL} + \text{EQx} + \text{EQy}$

Dimana :

DL = Dead Load (beban mati)

LL = Live Load (beban hidup)

ML = Mooring Load (beban tambat)

BL = Berthing Load (beban benturan)

EQ = Seismic Load (beban gempa)

CL = Crane Load

2.3. Analisa Struktur dan Penulangan

2.3.1. Penulangan Pada Plat

Perencanaan penulangan plat dihitung dengan metode momen ultimate didasarkan pada besarnya momen yang terjadi akibat beban yang bekerja. Momen plat dihitung dalam dua kondisi pembebanan yaitu saat sebelum komposit, dimana plat terkondisi statis tertentu dan kondisi sesudah komposit plat terkondisi statik tak tentu.

Perhitungan momen pada kondisi komposit menggunakan program SAP 2000, dengan asumsi bahwa plat merupakan plat lentur yang dianggap terjepit secara elastis pada keempat sisinya. Hal ini dikarenakan pada penampang plat di atas tumpuan masih bisa terjadi perputaran serta terjadi pemerataan momen antar daerah tumpuan dan lapangan.

Jika digunakan asumsi bahwa plat terjepit secara penuh maka menurut koefisien momen **Peraturan beton bertulang Indonesia 1971**, akan terjadi konsentrasi momen yang lebih besar pada daerah tumpuan dibandingkan daerah lapangan.

Untuk perhitungan tulangan plat sebelum komposit dilakukan dengan menganggap plat terletak secara bebas. Berdasarkan Peraturan Perencanaan teknik Jembatan BMS (1992) pasal 6.7.1. hal 6-75 metode perhitungan yang digunakan dengan langkah - langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Analisa struktur SAP 2000, pilih momen ultimate **Perencanaan Teknik Jembatan BMS (1992) pasal 6.4** dan masukkan selimut keawetan sesuai peraturan yang sama.
2. Hitung γ untuk f_e' sesuai peraturan pasal 6.6.1.3 yaitu :
 $\gamma = 0,85 - 0,0077 (f_c' - 28)$ dan $0,65 \leq \gamma \leq 0,85 \dots (2-39)$

3. Hitung nilai dari kekuatan rencana dari penampang yang terlentur berdasarkan pasal 6.6.1.3.2. hal 6.50 harus diambil sebesar :

$$M_{ud} = \frac{M^*}{K_c^r} \dots \dots \dots (2-40)$$

Dengan :

M_{ud} = kekuatan Ultimate dengan penampang terlentur

M^* = Kekuatan rencana dari penampang yang terlentur (KNm)

K_c^r = Faktor reduksi kekuatan untuk beton structural = 0.75 (penulangan lentur)

4. Hitung nilai non dimensional dari :

$$\frac{M_{ud}}{bd^2} \dots \dots \dots (2-41)$$

5. Dari hasil perhitungan diatas, lihat tabel penulangan balok (lampiran), maka akan diperoleh:

Nilai rasio tulangan tarik atau $\frac{A_{st}}{bd} \dots \dots \dots (2-42)$

Nilai rasio tulangan tarik atau $\frac{A_{sc}}{bd} \dots \dots \dots (2-43)$

Dengan :

A_{sc} = luas penampang melintang tulangan tekan

A_{st} = luas penampang melintang tulangan tarik

6. Cek rasio tulangan tarik dengan rasio tulangan minimum dengan persamaan berikut :

$$\frac{A_{st}}{bd} > \frac{1.4}{f_{sy}} \dots \dots \dots (2-44)$$

7. Menentukan nilai A_{sc} dan A_{st} perlu :

$$A_{sc} = \left[\frac{A_{sc}}{bd} \right] \cdot b \cdot d \dots \dots \dots (2-45)$$

$$A_{st} = \left[\frac{A_{st}}{bd} \right] \cdot b \cdot d \dots \dots \dots (2-46)$$

Cek apakah baja tulangan tekan dalam keadaan leleh atau belum dengan nilai :

$$\frac{f_{sc}}{f_y} \leq 1 \dots\dots\dots(2-47)$$

8. Tentukan nilai tulangan perlu dan tulangan Pasang dengan menggunakan ***Tabel 5.70 bridge Desain manual BMS (1992) hal 5-155***

2.3.2. Kontrol Stabilitas Plat Lantai Dermaga

Kontrol stabilitas pada plat meliputi tinjauan terhadap retak dan lendutan sebagai berikut :

- Kontrol stabilitas retakan
- Kontrol stabilitas retakan pada plat bertulang terlentur

Berdasarkan ***Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.3*** adalah bahwa retakan pada plat terlentur, bisa dianggap terkendali bila jarak pada titik berat ke titik berat tulangan pada masing masing arah tidak melampaui harga terkecil dari D atau 300 mm. maksudnya adalah tulangan yang berdiameter kurang dari setengah diameter tulangan terbesar pada penampang harus diabaikan.

- Kontrol stabilitas Lendutan
- Kontrol stabilitas lendutan

Berdasarkan ***Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.3*** lendutan untuk plat dan gelagar harus dibatasi sedemikian bahwa

- a. Lendutan Akibat pengaruh tetap (lawan lendut atau lendutan) adalah dalam batas yang wajar, yaitu :
 $0 < \Delta < L/300 \dots\dots\dots(2-48)$
- b. Lendutan pada beban hidup layan, termasuk kejut, yaitu :
 $0 < \Delta < L/800 \text{ (untuk bentang)} \dots\dots(2-49)$

$0 < \Delta < L/300$ (untuk
kantilever)..... (2-50)

Dengan :

Δ = lendutan yang terjadi

- Lendutan Sesaat dan Lendutan jangka panjang

Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.3**, lendutan sesaat ditentukan sebagai berikut :

- a. Menentukan lendutan sesaat dari analisa struktur SAP 2000 akibat pengaruh beban tetap dan sementara
- b. Menentukan lendutan jangka panjang berdasarkan Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.3, untuk menentukan nilai jangka panjang (Δ_{LT}) pada plat bertulang (dan gelagar) lendutan sesaat akibat beban tetap yang ditinjau dengan nilai pengali Kcs dengan ketentuan sebagai berikut :

$$Kcs = 2,0 \cdot 1,2 \frac{A_{sc}}{bd} \geq 0.8 \dots\dots\dots(2-51)$$

Dengan A_{sc}/A_{st} pada gelagar menerus diambil pada tengah bentang.

2.3.3. Penulangan Pada Balok

Penulangan balok dermaga juga dilakukan dengan kondisi sebelum komposit (plat pracetak) maupun pada kondisi sesudah komposit direncanakan dengan tulangan rangkap. Dalam perhitungan penulangan perlu dilakukan kontrol retak dan lendutan (baik lendutan seketika dan jangka panjang) berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 6.7.4.1. sampai 6.6.3.10 hal 6-83**. Dan untuk analisa mekanika untuk

menghasilkan momen, gaya lintang dan nilai-nilai analisa struktur menggunakan program SAP 2000. Penulangan pada balok diperhitungkan terhadap lentur, geser, torsi dan lendutan yang terjadi dengan beban yang sesungguhnya serta kontrol letak pada penampang balok.

- Penulangan Geser

Untuk penulangan kekuatan plat lantai dermaga terhadap geser menurut **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS (1992) pasal 6.7.2.2. hal 6-78** dengan prosedur sebagai berikut :

- Tentukan gaya geser rencana V dari analisis struktur
- Tentukan besaran bahan f_c' dan f_{sy} sesuai peraturan 6.4, selimut keawetan sesuai Peraturan Perencanaan teknik Jembatan BMS (1992) pasal 6.3 dan dimensi yang telah ditetapkan.

- Hitung nilai dari :

- Batas kehancuran badan V_u , maka :

$$V_{u \text{ maks}} = 0,2 f_c' b_v d \dots \dots \dots (2-52)$$

- kekuatan geser tanpa tulangan geser V_{uc}

$$(V_{uc}) = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot B_v \cdot d_o \cdot \left(\frac{A_{st} f_r'}{b_v d_o} \right)^{1/3} \dots \dots \dots (2-53)$$

Dengan :

V_{uc} = kekuatan geser ultimate

β_1 = $1,4 - (d_o/2000) \geq 1,1$

β_2 = 1

$\beta_3 = 1 - N^*/(3,5 A_g) \geq 0$, untuk komponen akibat tarik aksial yang cukup besar.

$= 1-N^*/ (14 \text{ Ag}) \geq 0$, untuk komponen akibat tekan aksial yang cukup besar.

$\beta_3 = 1-N^*/ (3,5 \text{ Ag}) \geq 0$, untuk komponen akibat tarik aksial yang cukup besar.

α_v = jarak melintang dari tulangan memanjang yang dipasang pada daerah tarik dan diangker sepenuhnya pada penampang melintang yang ditinjau.

A_{st} = Luas potongan melintang dari tulangan memanjang yang dipasang pada daerah tarik dan diangker sepenuhnya pada penampang melintang yang ditinjau.

b_v = Lebar badan gelagar

f_c' = kekuatan tekan karakteristik beton

d_o = jarak dari serat tekan terjauh terhadap titik berat tulangan tarik

- kekuatan geser tanpa penulangan minimum

$$V_{u \min} = V_{uc} + 0,6 b_v \cdot D_o \dots \dots \dots (2-54)$$

- Cek kekuatan terhadap kehancuran badan

$$V^* = V_{u \max} \dots \dots \dots (2-55)$$

(Kuat terhadap kehancuran badan)

$$V^* > V_{u \max} \dots \dots \dots (2-56)$$

(terjadi kehancuran badan, maka perlu diperbesar dimensi)

- Cek kondisi

$$1. \quad V^* > K_C^R \times V_{uc} \dots \dots \dots (2-57)$$

$D \leq 250$ atau $0,5 b_v$ (pilih nilai yang terbesar).....(2-58)

2. $V^* \leq K_C^R \times V_{\min}$(2-59)

$V^* > K_C^R \times V_{uc}$(2-60)

$D > 250$ atau $0,5 b_v$ (pilih nilai yang terbesar).....(2-61)

Perlu tulangan geser minimum (A_{sv})

$$A_{sv \min} = 0.35 \left(\frac{b \cdot S}{f_{syf}} \right) \dots\dots\dots(2-62)$$

$$S \geq 0.75 D$$

$S \geq 500$ mm (dipilih nilai terkecil).....(2-63)

3. $V^* > K_C^R \times V_{\min}$ (2-64)

Perlu tulangan geser minimum

$$A_{sv} = \frac{V_{us} \cdot S}{f_{syf} \cdot d_o \cdot \cot \phi_v} \dots\dots\dots(2-65)$$

Dengan kekuatan geser ultimate (V_{us}) :

$$V_{us} = \frac{V^*}{K_C^R} - V_{uc} \dots\dots\dots(2-66)$$

$$S \geq 0,5D$$

≥ 300 mm (pilih nilai terkecil) ... (2-67)

4. Cek nilai jarak antara tulangan

$$S \geq 0,5 D$$

≥ 600 mm (pilih nilai terkecil) ... (2-68)

- Penulangan terhadap Torsi

Hal ini diterapkan untuk balok yang memikul punter yang dikombinasikan dengan lentur dan geser. Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 6.6.3.3. sampai 6.6.3.10 hal 6-64 sampai 6-67**. Langkah langkah penentuan penulangan Torsi akibat gaya punter yang dikombinasikan dengan lentur dan geser adalah sebagai berikut :

- a. Masukkan rencana momen punter T^* dan momen tumpuan plat dermaga dari analisis structural

- b. Masukkan besaran bahan f_c' dan f_{sy} dan dimensi penampang dimana x = sisi pendek dan y = sisi panjang
- c. Hitung modulus punter penampang, J_t , untuk penampang persegi sesuai pasal 6.6.3.4
- $$J_t = 0,4x^2y \dots \dots \dots (2-69)$$

Dengan :

x = sisi pendek

y = sisi panjang

- d. Hitung kekuatan batas kehancuran badan, dengan rumus berikut ini :

$$\frac{T^*}{K_C^R x T_{u \max}} + \frac{V^*}{K_C^R x V_{u \max}} \dots \dots \dots (2-70)$$

Dengan :

$$T_{u \max} = 0,2 f_c' J_t \dots \dots \dots (2-71)$$

- e. Hitung T_{uc} dengan rumus :

$$T_{uc} = J_t (0,3 \sqrt{f_c'}) \dots \dots \dots (2-72)$$

- f. Cek kondisi keperluan tulangan Torsi

- Kondisi 1

$$T^* < 0,25 K_C^R T_{uc} \dots \dots \dots (2-73)$$

Tidak perlu tulangan torsi

- Kondisi 2

$$T^* \geq 0,25 K_C^R T_{uc} \dots \dots \dots (2-74)$$

$$\frac{T^*}{K_C^R x T_{uc}} + \frac{V^*}{K_C^R x V_{uc}} \dots \dots \dots (2-75)$$

$$D > 250 \text{ mm dan } b_v/2 \dots \dots \dots (2-76)$$

Tidak perlu tolangan torsi

- Jika kedua kondisi tersebut tidak memenuhi maka perlu tulangan torsi.

- g. Hitung luas sangkar tulangan , A_t dan keliling U_t :

$$A_t = D' \times b' \dots\dots\dots (2-77)$$

$$U_t = 2 (D' + b') \dots\dots\dots (2-78)$$

Dengan :

D' = jarak tulangan tepi tekan dan tepi tarik

b' = jarak tulangan tepi kanan dengan tulangan tepi kiri

- h. Hitung $\frac{A_{sw}}{s}$ yang diperlukan :

Mengingat

$$T_{us} = f_{sy} \cdot f \left[\frac{A_{sw}}{s} \right] 2A_1 \cot \theta_t \dots\dots\dots (2-79)$$

θ_t secara konservatif diambil 45°

$T_{us} \geq T^* / K_C^R$, maka di dapat :

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{[T^* / K_C^U]}{2f_{sy} \cdot f A_t} \dots\dots\dots (2-80)$$

Dengan :

A_{sw} = Luas penampang melintang baja bulat yang membentuk sengkang tertutup

T^* = Momen punter rencana

$F_{sy} \cdot f$ = Kuat leleh Pengikat

A_t = Luas Polygon

$$\text{Periksa apakah } \frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{A_{sw}}{s} (\text{min}) \dots\dots\dots (2-81)$$

Dengan :

$$\frac{A_{sw}}{s} (\text{min}) = \frac{0,2 \times Y}{f_{sy} \cdot f} \dots\dots\dots (2-82)$$

- i. Periksa agar $s < \text{jarak antara maks } S \text{ maks (300 mm)}$
dengan $S \text{ maks} = 0.12 \times U_t$.

- j. Hitung tulangan memanjang pada :

$$\text{Daerah tarik } A_s = 0,25 \left[\frac{A_{sw}}{s} \right] U_t \cdot \cot^2 \theta_1 \dots\dots\dots (2-83)$$

$$\text{Daerah tekan } A_s = 0,25 \left[\frac{A_{sw}}{s} \right] U_t \cdot \cot^2 \theta_1 - f_c \dots\dots\dots (2-84)$$

k. Periksa $A_s > A_{s \text{ min}}$

Dengan : $A_{s \text{ min}} = \frac{0,2.Y_1.U_1}{f_{sy}} \dots\dots\dots(2-85)$

2.3.4. Kontrol Stabilitas Balok

- Kontrol Retakan Balok

Retak pada plat terjadi disebabkan oleh momen yang bekerja pada plat tersebut, untuk menghindari bahaya retak pada plat tersebut perlu dilakukan kontrol retak pada balok yang mempunyai lebar 800 mm dan tinggi 1000 mm. Berdasarkan *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 6.7.4.1. sampai 6.6.3.10 hal 6.83* adalah bahwa retakan pada balok bertulang bisa dianggap terkendali bila :

1. Jarak tulangan dari pusat ke pusat (s') dekat muka yang ditarik dari balok tidak melebihi 200 mm ($s' < 200 \text{ mm}$)
2. Jarak dari tepi atau dasar balok ke pusat tulangan memanjang (dc') jangan lebih dari 100 mm ($dc' < 100 \text{ mm}$)

- Kontrol Lendutan Balok

Berdasarkan Peraturan Perencanaan teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 6.7.4.1. sampai 6.6.5.4. lendutan pada balok dianggap memenuhi persyaratan yang ada bila perbandingan dengan tinggi efektif tidak lebih besar dari harga yang ditentukan berikut ini :

$$\frac{L_{ef}}{d} = \left[\frac{kl (\Delta/L_{ef}) b_{ef}.E_c}{k_2.F_{d.e.f}} \right]^{1/3} \dots\dots\dots(2-86)$$

Dengan :

Δ/L_{ef} = Batas lendutan yang dipilih sesuai dengan pasal 6.2.2.3 yaitu $L/800$

$F_{d.e.f}$ = beban rencana efektif untuk setiap unit panjang, diambil sebesar :

$$F_{d.e.f} = (0,1 + K_{cs}) W + q \dots\dots\dots(2-87)$$

W = Beban Mati

q = Beban Hidup

$K_1 = L_{ef}/(b.d^3) = 0,045$ untuk penampang segi empat

K_2 = Konstanta lendutan untuk balok menerus dimana pada bentang yang berdekatan perbandingan bentang panjang dan bentang pendek tidak melampaui 1,2 dan tidak ada bentang tepi yang lebih panjang dari bentang tengah, nilai K_2 = diambil sebesar 1/384 untuk bentang tengah dan 1/385 untuk bentang tepi.

2.3.5. Penulangan Poer

Penulangan pada poer (pile cap) adalah penulangan poer dengan menggunakan rumus sesuai persamaan 2-39 sampai 2-47.

2.3.6. Penulangan Shear Ring

Shear Ring merupakan alat pemersatu bahan beton (balok poer) dengan baja (tiang pancang). Langkah langkah penulangan shear ring adalah sebagai berikut :

- Menentukan gaya tekan maksimal yang bekerja pada tiang pancang yang merupakan hasil kombinasi beban geser ultimit output SAP 2000
- Tentukan kekuatan beton tiang pancang
- Kontrol Kekuatan Ring

Penentuan kekuatan ring menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_{sheat \text{ ring}} = n \times \text{luas penampang shear ring} \times 0,85 \cdot K_c^R \cdot f_c' \dots(2-89)$$

Dengan :

n = jumlah banyaknya shear ring

- Kontrol retak beton

$V_c > V_u$ (Ok!) tidak retak.....(2-90)

- Kontrol kekuatan las
= (keliling las x tebal las) x σ_e x n(2-91)

Dengan :

n = jumlah banyaknya shear ring

- Luas panjang penyaluran dari tiang ke struktur atas (beton) secara praktis dihitung sebagai berikut :

$$A_{\text{tiang}} \times f_{sy \text{ tiang}} = A_{\text{st perlu}} \times f_{sy \text{ tulangan}} \dots (2-92)$$

- Panjang Penyaluran (l_d)

$$L_{sf.1} = \frac{k_1 k_2 f_{sy} A_b}{(2a + d_b) \sqrt{f'_{c'}}} \geq 25 \times k_1 d_b \dots (2-93)$$

Dengan :

$$k_1 = 1,0$$

$$k_2 = 2,4$$

A_b = luas penampang batang tulangan

d_b = diameter tulangan

$2a$ = dua kali selimut pada batang tulangan, atau jarak bersih antara berdekatan yang mengembangkan tegangan, nilai mana lebih kecil

2.3.7. Daya Dukung Pondasi

Perhitungan tiang pancang (pondasi) meliputi :

1. Pembebanan

Berdasarkan hasil perhitungan struktur utama (dengan menggunakan program SAP 2000), maka dapat dihitung gaya-gaya yang bekerja pada tiang pancang tegak dan miring.

2. Data tanah

Dari hasil penyelidikan tanah (Standard Penetration Test – SPT), diperoleh data-data yang diperlukan untuk perhitungan daya dukung tiang pancang.

3. Perhitungan daya dukung tiang pancang vertikal berdasarkan ***Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan 1980 hal. 124***

- Untuk perhitungan tiang pancang lurus pada kondisi tanah berpasir (*sandy soil*)

$$Q_u = 40 N A_p + \frac{N A_s}{5} \dots \dots \dots (2-94)$$

Dengan :

Q_u = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

A_p = Luas ujung tiang pancang (m^2)

A_s = Luas total permukaan tiang pancang (m^2)

N = Nilai N pada tanah ujung tiang pancang

\bar{N} = Nilai rata rata N pada seluruh panjang sisi permukaan tiang pancang

Pada hal ini, nilai N didapatkan dengan rumus perhitungan :

$$N = \frac{N_1 + N_2}{2} \dots \dots \dots (2-95)$$

Dengan :

N_1 = Apabila nilai yang didapatkan lebih kecil dari nilai N pada ujung tiang atau rata-rata nilai N pada area ujung tiang sampai $2B$

N_2 = Rata – rata nilai N pada area ujung tiang sampai $10B$ diatasnya

B = Diameter tiang pancang (m)

- Untuk perhitungan tiang pancang lurus pada kondisi tanah kohesif (*cohesive soil*)

$$Q_u = 8 c_p A_p + c_a A_s \dots \dots \dots (2-96)$$

Dengan :

c_p = Kohesif pada ujung tiang (tf/m^2)

\bar{c}_a = Rata - rata adhesive untuk panjang tiang yang tertanam (tf/m²)

4. Perhitungan daya dukung tiang pancang terhadap gaya horizontal

Pada perhitungan daya dukung tiang, dipakai perhitungan dengan metode chang's berdasarkan ***Technical Standards for Ports dan Harbour Facilities in Japan 1980 hal. 130.***

- Perhitungan kepala tiang pancang bebas, $h > 0$ (tidak ada struktur diatasnya)

$$\left. \begin{aligned} y_{top} &= \frac{2(1+\beta h)^3 + 1}{6EI\beta^3} T \\ y_0 &= \frac{1+\beta h}{2EI\beta^3} T \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2-97)$$

$$M_{max} = -h \left\{ \frac{\sqrt{(1+\beta h)^3 + 1}}{2\beta h} \exp\left(-\tan^{-1} \frac{1}{1/2\beta h}\right) \right\} \dots\dots (2-98)$$

2.3.8. Daya Dukung Kapasitas Bahan

Kekuatan tiang menahan beban vertikal dihitung menurut PPBI Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia, pasal 4.1.1, sehingga kekuatan tiang baja dihitung dengan persamaan :

$$\sigma = \omega \frac{N}{A} \dots\dots\dots (2-99)$$

Dengan :

- σ = Tegangan Ijin baja
- N = Gaya tekan Pada tiang
- A = Luas penampang tiang
- ω = Faktor retak yang tergantung dari kelangsingan (λ) dan macam bajanya.

Menentukan nilai ω berdasarkan PPBBI pasal 4.1.1. halaman 9 yaitu sebagai berikut:

Untuk : $\lambda_s \leq 0,1183$, maka $\omega = 1$

Untuk : $0,1183 < \lambda s < 1$, maka $\omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda s}$

Untuk : $\lambda s \geq 1$, maka $\omega = 2.381 \lambda s^2$

Kelangsingan pada batang-batang tunggal dicari persamaan berikut:

$$\lambda = \frac{Lk}{l} \dots \dots \dots (2-100)$$



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI

Metodologi suatu perencanaan adalah tata cara atau urutan kerja suatu perhitungan perencanaan untuk mendapatkan hasil perencanaan dermaga. Metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini sebagaimana ditunjukkan pada bagan metodologi, adapun uraian dari metodologi dijelaskan sebagai berikut:

3.1. Pengumpulan Data

Dalam melakukan perencanaan struktur dermaga diperlukan data yang akan digunakan pereliminari design. Data tersebut meliputi :

1. Data Bathymetri
2. Data Arus dan Pasang Surut
3. Data Kapal
4. Data Angin dan Gelombang
5. Data Tanah
6. Jenis Dermaga

3.2. Spesifikasi Dermaga

1. Pembangunan dermaga baru dengan konstruksi beton deck on pile.
2. Panjang dermaga : $Loa + 10 \% = 153m + 15,3 m = 168,3 m \approx 180 m$.
3. Lebar dermaga mengacu pada radius putaran kendaraan berat (5-6 lajur) dan lebar portal crane = 23 m.
4. Struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang baja.
5. Direncanakan dapat disandari kapal 15.000 DWT.
6. Kondisi pasang surut
 - Kondisi pasang tertinggi (HWS) = + 3,30 m
 - Kondisi surut terendah (LWS) = $\pm 0,00 m$
 - Seabed Rencana (draft) = 11 m

3.3. Analisa Perencanaan Struktur

Analisa perencanaan struktur dermaga meliputi :

a. Syarat teknis perencanaan

Syarat syarat teknis perencanaan meliputi data perencanaan, data bahan, jenis-jenis bahan yang bekerja pada struktur serta kombinasi beban.

b. Perencanaan struktur dermaga

Langkah awal pada perencanaan struktur dermaga adalah merencanakan dimensi struktur. Dimana perencanaan dimensi ini meliputi dimensi dermaga, tebal plat, dimensi balok memanjang, balok melintang, dimensi poer, dan tiang pancang.

1. Perencanaan dimensi apron
2. Perencanaan tebal plat dermaga
3. Dimensi balok melintang
4. Dimensi balok memanjang
5. Dimensi balok pinggir
6. Dimensi tiang pancang rencana
7. Dimensi poer

c. Kontrol kelangsingan balok

kontrol kelangsingan balok dihitung berdasarkan *Peraturan Teknik Jembatan, BMS* (1992).

d. Pembebanan

Beban beban yang bekerja pada struktur dermaga meliputi beban horizontal dan vertikal dan kombinasi keduanya.

1. Beban Horisontal
 - Beban Merata
 - Beban Terpusat

2. Beban Vertikal

- Beban benturan kapal (berthing force)
- Beban tambatan kapal (mooring force)
- Beban gempa

3. Kombinasi pembebanan

a. Kombinasi pembebanan pada dermaga

1. 1,2 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. 1,2 DL + 1,6 LL + 1,6 CL
4. 1,2 DL + 1,0 LL
5. 1,2 DL + 1,0 LL + 1,6 CL
6. 0,9 DL
7. 1,2 DL + 0,1 LL
8. 1,2 DL + 0,1 LL + 1,6 BL
9. 1,2 DL + 1 LL + 1,3 ML
10. 1,318 DL + 1,0 EQx + 1,0 EQy
11. 1,318 DL + 0,1 LL + 1,0 EQx + 1,0 EQy
12. 0,628 DL + 1,0 EQx + 1,0 EQy
13. 0,628 DL + 1 LL + 1,0 EQx + 1,0 EQy
14. DL
15. DL + LL
16. DL + LL + CL
17. DL + LL + BL
18. DL + LL + ML
19. DL + EQx + EQy
20. DL + LL + EQx + EQy

b. Kombinasi pembebanan pada trestle

1. 1,2 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. 1,2 DL + 1 LL
4. 0,9 DL
5. 1,318 DL + 1 EQx + 1 EQy
6. 1,318 DL + 0,1 LL + 1,0 EQx + 1,0 EQy

7. $0,628 \text{ DL} + 1,0 \text{ EQ}_x + 1,0 \text{ EQ}_y$
8. $0,628 \text{ DL} + 1 \text{ LL} + 1,0 \text{ EQ}_x + 1,0 \text{ EQ}_y$
9. DL
10. DL + LL
11. DL + EQ_x + EQ_y
12. DL + LL + EQ_x + EQ_y

Dimana :

- DL = Dead Load (beban mati)
- LL = Live Load (beban hidup)
- ML = Mooring Load (beban tambat)
- BL = Berthing Load (beban benturan)
- EQ = Seismic Load (beban gempa)
- CL = Crane Load

e. Perencanaan Fender

Fender merupakan bantalan yang menahan benturan antara kapal dengan dermaga ketika kapal merapat.

1. Perhitungan energi sandar kapal
2. Jarak Fender
3. Pemilihan Fender
4. Elevasi Fender dan gaya Reaksi Fender

f. Perencanaan Boulder

Boulder merupakan alat yang berfungsi menahan kapal ketika kapal bersandar atau tambat di dermaga agar tetap pada posisinya.

- a. Gaya tambat kapal
- b. Perhitungan boulder
- c. Pemasangan boulder

g. Analisa Struktur

Analisa struktur dermaga menggunakan program SAP 2000 untuk mendapatkan gaya gaya yang bekerja pada struktur dermaga dan momen yang bekerja pada plat dan balok.

h. Penulangan dan kontrol stabilitas struktur

Penulangan meliputi plat, balok memanjang, balok melintang, balok anak, dan poer. Kontrol stabilitas diperlukan untuk menjamin perilaku struktur yang memadai pada kondisi beban kerja. Kontrol meliputi kontrol terhadap retak dan lendutan.

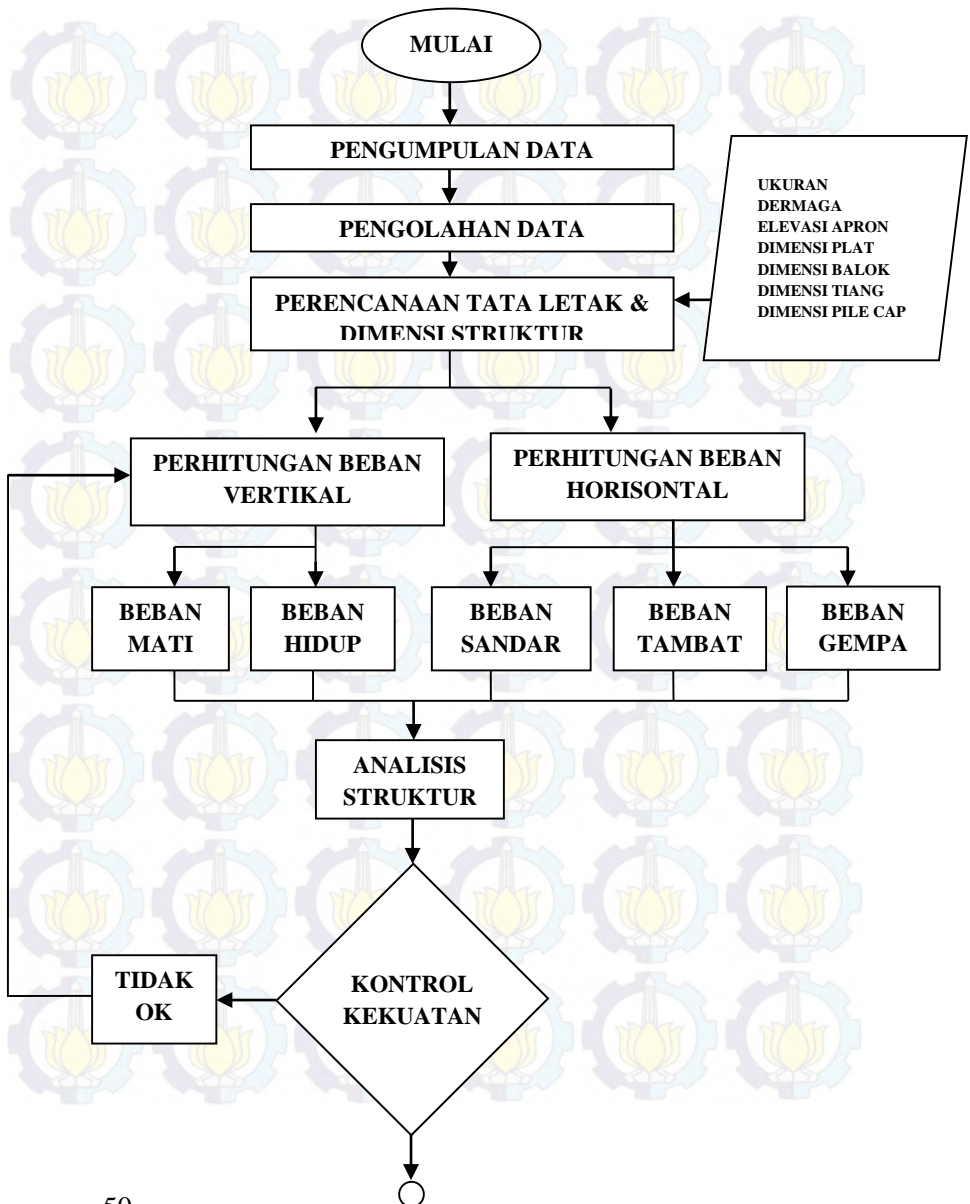
3.4. Penggambaran Struktur

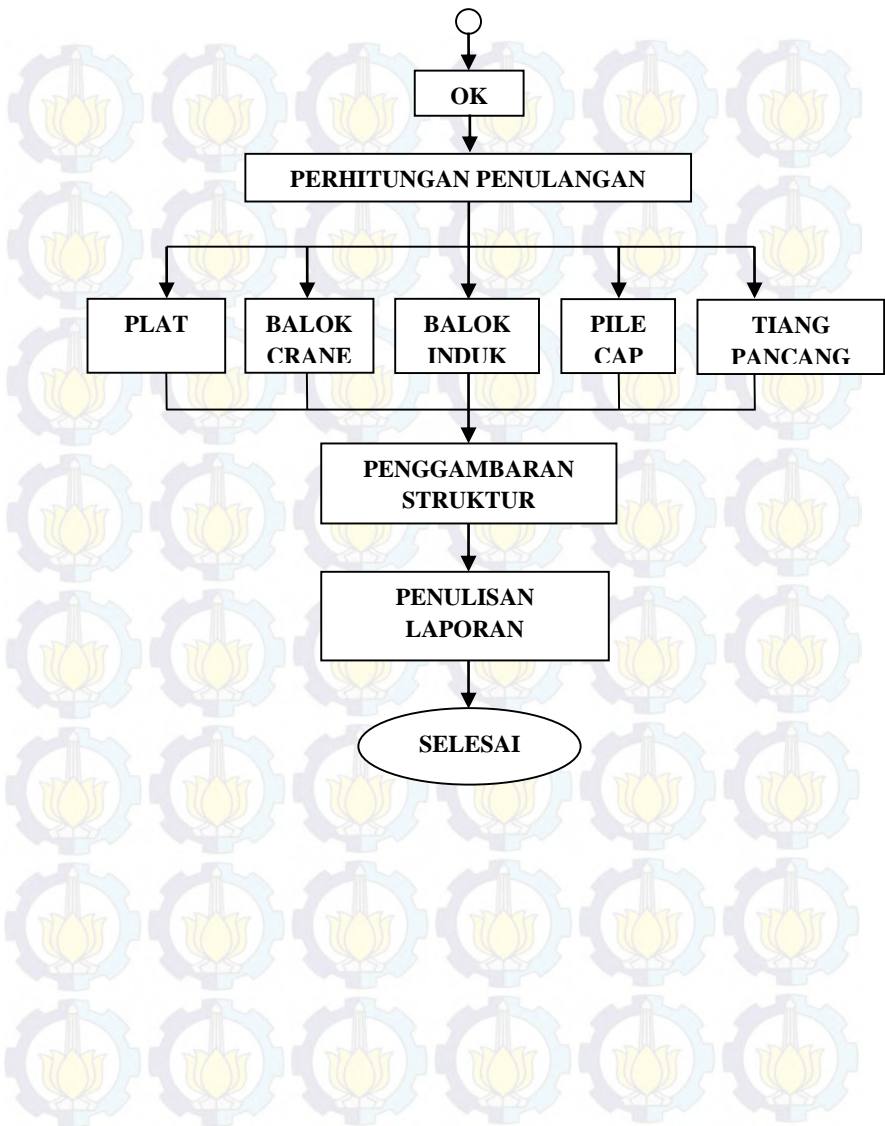
Setelah perhitungan struktur selesai, maka dilakukan penggambaran struktur menggunakan aplikasi komputer Auto Cad.

3.5. Penulisan Laporan

Tugas akhir merupakan bentuk karya ilmiah, maka dalam pembuatan tugas akhir diperlukan laporan yang penulisannyadisusun secara sitematis dan terperinci.

3.6. Bagan Metodologi







(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

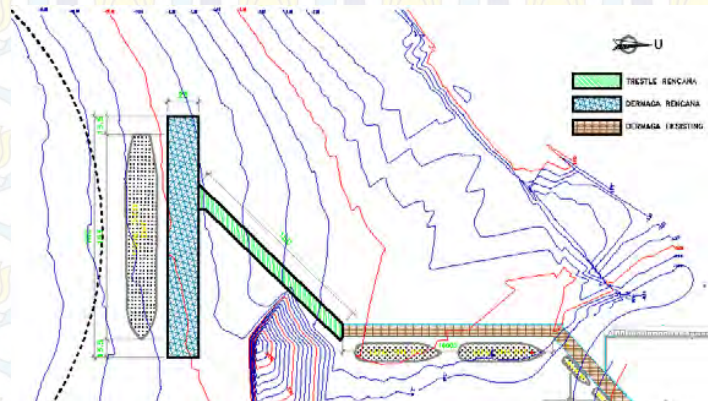
PENETAPAN TATA LETAK DAN DIMENSI DERMAGA

4.1. Penetapan Tata letak

Dalam perencanaan ini direncanakan dermaga general cargo dengan kapasitas 15.000 DWT. Maka berdasarkan “Marine Fender Design Manual” karakteristik kapal sebagai berikut :

Panjang Dermaga	= 153 m
Lebar	= 22,3 m
Draft	= 9,3 m

Berdasarkan data tersebut maka dermaga di tempatkan pada jarak 150 m dari dermaga eksisting dengan elevasi seabed 11 m. pada jarak tersebut direncanakan trestle sepanjang 150 m untuk menghubungkan dermaga eksisting dengan dermaga baru. Layout rencana dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.1. Layout Rencana Dermaga

4.2. Dimensi Dermaga

Dimensi suatu pelabuhan ditentukan berdasarkan Panjang, Lebar, Elevasi Apron dan daerah pendukung operasinya. Semua ukuran dasar ini sangat menentukan kemampuan pelabuhan terhadap kapal dan barang yang di tangani dalam pelabuhan tersebut. Ukuran dan bentuk konstruksi menentukan pula besar investasi yang diperlukan. Sehingga penentuan yang tepat sangat membantu operasi pelabuhan yang efisien.

Trestle merupakan struktur penghubung dermaga dengan daratan agar dermaga terletak pada kedalaman yang diperlukan. Selain itu juga untuk peralatan dermaga missal jaringan listrik dan sebagainya.

4.2.1. Panjang Dermaga

Dalam perhitungan kebutuhan panjang dermaga ditentukan berdasarkan kapal rencana sesuai dengan fungsi dermaga. Panjang Dermaga rencana adalah:

$$\begin{aligned} PD &= \text{Loa} \times 10 \% && \dots(4-1) \\ &= \text{Loa} + 10 \% \\ &= 153\text{m} + 15,3 \text{ m} \\ &= 168,3 \text{ m} \approx 180 \text{ m} \end{aligned}$$

4.2.2. Lebar Dermaga

Dermaga yang direncanakan harus memenuhi kebutuhan manuver Truck ditambah dengan lebar rail span atau portal crane. Maka lebar dermaga yang dibutuhkan dapat diuraikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} LD &= 2 \times \text{lebar portal crane} + 2 && \dots(4-1) \\ &= 2 \times 10,5 + 2 \\ &= 23 \text{ m} \end{aligned}$$

4.3. Dimensi Trestle

Direncanakan bentuk dan ukuran trestle sesuai dengan kebutuhan yang ada yaitu panjang 150 m dan lebar 10 m. trestle direncanakan agar 2 truk sekaligus dapat bersimpangan lebar jalur 5m.

$$\text{Jadi lebar Trestle} = 2 \times 5 \text{ m} = 10 \text{ m}$$

4.4.Elevasi Apron Dermaga

Menentukan besar elevasi lantai dermaga diatas HWLS (High Level Water Sping) berdasarkan besarnya pasang surut air laut dan kedalaman rencana dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 4.1. Elevasi Dermaga diatas HWS

	Pasang Surut terbesar 3m atau lebih	Pasang surut kurang dari 3 m
Dermaga untuk kapal – kapal yang memerlukan kedalaman air \geq 4,5 m	0,5 – 1,5 m	1,0 – 3,0 m
Dermaga untuk kapal – kapal yang memerlukan kedalaman air $<$ 4,5 m	0,3 – 1,0 m	0,5 – 1,5 m

Sumber : Stadard Design Criteria for Ports in Indonesia (1984)

Diketahui data karakteistik kapal rencana sebagai berikut :

Jenis kapal : Kapal Barang/General Cargo Ship

Bobot : 15.000 DWT

Panjang : 153 m

Lebar : 22,3 m

Draft Penuh : 9,3

Kondisi pasang surut

Kondisi pasang tertinggi (HWS): + 3,30 m

Kondisi surut terendah (LWS) : \pm 0,00 m

Berdasarkan ketentuan tabel 4.1, penentuan elevasi apron dengan kedalaman perairan rencanaditentukan oleh

sarat penuh kapal rencana. Maka dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Elev. Apron : Elev. HWS + 1,5 m

Elev. Apron : +3,30 + 1,5 m

Elev. Apron : +4,80 m

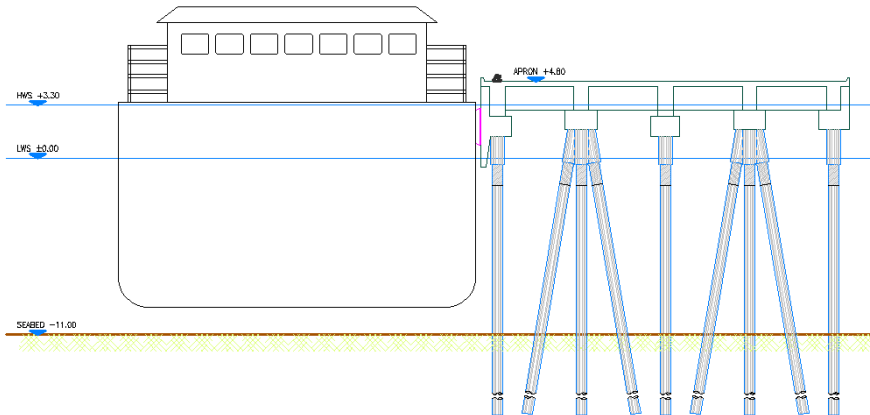
Sehingga Elevasi Apron +4,80 m dari LWS.

4.5. Penetapan Kedalaman Kolam Pelabuhan

Penentuan kedalaman kolam pelabuhan pada perencanaan dermaga pelabuhan awerange-barru ini berdasarkan pada buku Perencanaan Pelabuhan halaman 310 yaitu ditetapkan berdasarkan max. draft kapal yang akan bertambat ditambah jarak aman (0,8m – 1m) dibawah ujung bagian bawah kapal yaitu :

Max draft = 9,3 m

Rencana kedalaman = 9,3 m + 0,8 m = 10,1 m



Gambar 4.2. Elevasi Seabed

4.6. Penetapan Dimensi Struktur Dermaga

Penetapan dimensi struktur dermaga meliputi dimensi plat dermaga, dimensi balok dermaga, dimensi pile cap dermaga, dan dimensi tiang pancang dermaga.

4.6.1. Dimensi Plat Dermaga

Lantai dermaga berfungsi sebagai penerima beban yang langsung bekerja di atasnya. Beban yang diterima beserta beban sendiri diteruskan ke balok di bawahnya. Pada lantai terdapat boulder untuk menambatkan kapal. Di atas lantai bekerja beban-beban hidup, mati dan terpusat.

Perhitungan dimensi plat lantai dermaga terlentur dapat dihitung dengan persamaan (2.39) dan (2.40) sebagai berikut :

$$T_s \geq 200 \text{ mm}$$

$$T_s \geq 100 + (0,04 \times 5250) \text{ mm}$$

$$T_s \geq 310 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$$

Maka direncanakan plat dengan tebal 350 mm

4.6.2. Dimensi Balok Dermaga

Pada dermaga, balok merupakan konstruksi dibawah plat yang terdiri dari balok crane, balok memanjang, balok melintang, balok anak dan balok tepi. Perencanaan awal dimensi balok dihitung berdasarkan persamaan (2.3) sedangkan untuk kontrol kelangsingan balok berdasarkan persamaan (2.4) dan (2.5) sebagai berikut :

a. Balok Crane (BD1)

$$D > 165 + 0,06 L$$

$$b = \frac{1}{2} \cdot 220 \text{ cm}$$

$$D > 165 + 0,066 (6000)$$

$$b = 110 \approx 120 \text{ cm}$$

$$D > 561 \text{ mm}$$

Direncanakan balok crane 2,2m/1m, maka

kontrol kelangsingan sebagai berikut:

$$\frac{600 \text{ cm}}{120 \text{ cm}} < 240 \quad \frac{120 \text{ cm}}{220 \text{ cm}}$$

$$5 < 130,9$$

$$\frac{600 \text{ cm}}{120 \text{ cm}} < 60$$

$$5 < 60$$

b. Balok Memanjang (BD2)

$$D > 165 + 0,06 L$$

$$b = \frac{1}{2} \cdot 180 \text{ cm}$$

$$D > 165 + 0,066 (6000) \quad b = 90 \approx 100 \text{ cm}$$

$$D > 561 \text{ mm}$$

Direnkanan balok memanjang 1.8m/1m,
maka kontrol kelangsingan sebagai berikut:

$$\frac{600 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} < 240 \frac{100 \text{ cm}}{180 \text{ cm}}$$

$$6 < 133,333$$

$$\frac{600 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} < 60$$

$$6 < 60$$

c. Balok Melintang (BD3)

$$D > 165 + 0,06 L$$

$$b = \frac{1}{2} \cdot 180 \text{ cm}$$

$$D > 165 + 0,066 (5250) \quad b = 90 \approx 100 \text{ cm}$$

$$D > 511,5 \text{ mm}$$

Direnkanan balok melintang 1.8m/1m,
maka kontrol kelangsingan sebagai berikut:

$$\frac{525 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} < 240 \frac{100 \text{ cm}}{180 \text{ cm}}$$

$$5,25 < 133,333$$

$$\frac{525 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} < 60$$

$$5,25 < 60$$

d. Balok Tepi (BD4)

$$D > 165 + 0,06 L$$

$$b = \frac{1}{2} \cdot 100 \text{ cm}$$

$$D > 165 + 0,066 (5250) \quad b = 50 \approx 60 \text{ cm}$$

$$D > 511,5 \text{ mm}$$

Direnkanan balok tepi 1m/0.6m, maka
kontrol kelangsingan sebagai berikut:

$$\frac{525 \text{ cm}}{60 \text{ cm}} < 240 \frac{60 \text{ cm}}{100 \text{ cm}}$$

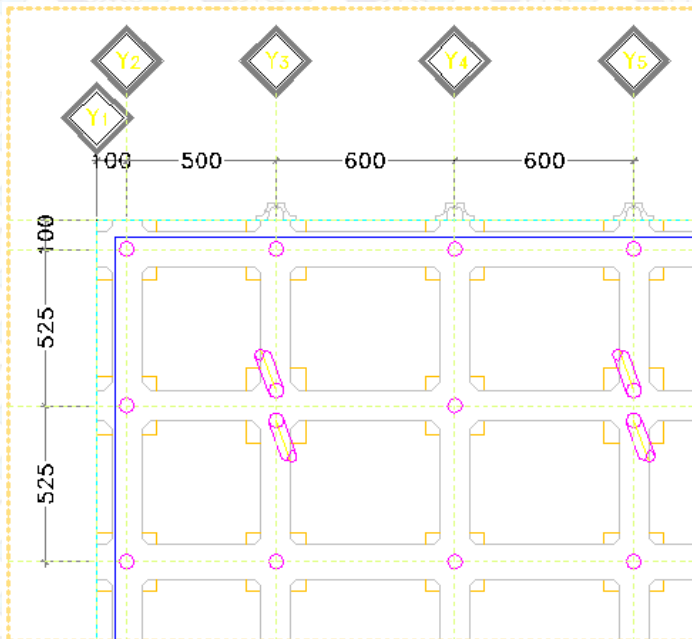
$$8,75 < 144$$

$$\frac{525 \text{ cm}}{60 \text{ cm}} < 60$$

$$8,75 < 60$$

Tabel 4.2. Resume Dimensi Balok Dermaga

No.	Type Balok	Dimensi		Lokasi
		h (cm)	b (cm)	
1	BD1 (Balok Crane)	220	120	Dermaga
2	BD2 (Balok Melintang)	180	100	Dermaga
3	BD3 (Balok Memanjang)	180	100	Dermaga
4	BD4 (Balok Tepi)	100	60	Dermaga



Gambar 4.3. Dimensi Balok Dermaga

4.6.3. Dimensi Balok Trestle

Pada trestle, balok merupakan konstruksi dibawah plat yang terdiri dari balok memanjang, balok melintang. Perencanaan awal dimensi balok dihitung berdasarkan persamaan (2.3) sedangkan untuk kontrol kelangsingan balok berdasarkan persamaan (2.4) dan (2.5) sebagai berikut :

a. Balok Memanjang (BT1)

$$D > 165 + 0,06 L \quad b = \frac{1}{2} \cdot 100 \text{ cm}$$

$$D > 165 + 0,066 (5000) \quad b = 50 \approx 60 \text{ cm}$$

$$D > 495 \text{ mm}$$

Direncanakan balok memanjang 1m/0.6m, maka kontrol kelangsingan sebagai berikut:

$$\frac{500 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} < 240 \frac{60 \text{ cm}}{100 \text{ cm}}$$

$$5 < 144$$

$$\frac{500 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} < 60$$

$$5 < 60$$

b. Balok Melintang (BT2)

$$D > 165 + 0,06 L \quad b = \frac{1}{2} \cdot 100 \text{ cm}$$

$$D > 165 + 0,066 (5000) \quad b = 50 \approx 60 \text{ cm}$$

$$D > 495 \text{ mm}$$

Direncanakan balok melintang 1m/0.6m, maka kontrol kelangsingan sebagai berikut:

$$\frac{500 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} < 240 \frac{60 \text{ cm}}{100 \text{ cm}}$$

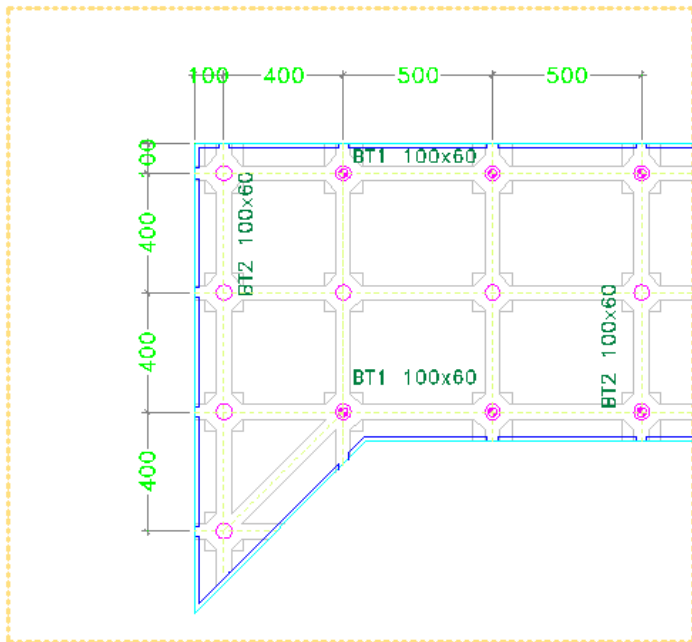
$$5 < 144$$

$$\frac{500 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} < 60$$

$$5 < 60$$

Tabel 4.3. Resume Dimensi Balok Trestle

No.	Tipe Balok	Dimensi		Lokasi
		h (cm)	b (cm)	
1	BT1 (Balok Memanjang)	100	60	Trestle
2	BT2 (Balok Melintang)	100	60	Trestle



Gambar 4.4. Dimensi Balok Trestle



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

ANALISA PEMBEBANAN

5.1. Beban Vertikal

Beban vertikal yang bekerja pada struktur dermaga yaitu meliputi beban sendiri struktur, beban crane, dan beban truck. Hasil dari perhitungan tersebut kemudian dimasukkan kedalam analisa program SAP 2000 untuk menghitung gaya yang bekerja pada struktur dermaga. Perhitungan beban vertikal yaitu :

5.1.1. Beban Vertikal Pada Jetty

Perhitungan beban vertikal yang bekerja pada struktur jetty yaitu sebagai berikut

- a. Beban Mati merata pada Jetty

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri Plat (t = 0,35)} &= 0,35 \text{ m} \times 2,5 / \text{m}^3 \\ &= 0,875 \text{ t/m}^2 \\ q_D &= 0,875 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

- b. Beban Hidup merata pada Jetty

Berdasarkan Standart Design Criteria For Port in Indonesia pasal V.2 tabel 5.5 halaman 16 yaitu ditentukan sebesar 3 t/m^2

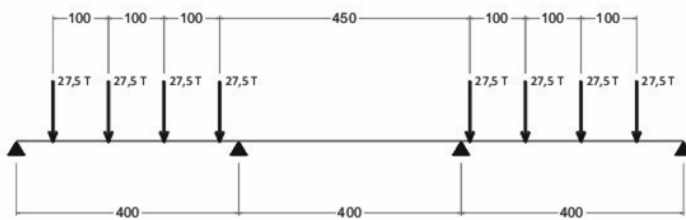
- c. Beban Terpusat pada Jetty

Yaitu beban kendaraan atau beban hidup yang bekerja diatas plat lantai dermaga selain beban merata juga beban terpusat (beban T). seperti pada gambar 2.1 pada BAB II bahwa beban roda truck adalah sebesar $112 \text{ kN} \times 2$ untuk roda belakang, sedangkan 25 kN pada roda depan. Perhitungan beban truck mengacu *pada SNI T-02-2005 Pembebanan Untuk Jembatan, Pasal 6.4.1.*

Perhitungan lebar penyebaran beban kerja pada plat dengan anggapan bahwa plat dengan tebal yang memikul beban dalam satu arah dinyatakan lebar manfaat sebagaimana yang

terlihat pada gambar 2.4 pada BAB II yaitu sebagai berikut :

- Arah bentang $L_y = a$
 $a = 20 \text{ cm} + 2 \times [(1/2 \times t_s) + t_a]$
 $a = 20 \text{ cm} + 2 \times [(1/2 \times 30 \text{ cm}) + 5 \text{ cm}]$
 $a = 60 \text{ cm}$
- Arah bentang $L_x = a$
 $a = 50 \text{ cm} + 2 \times [(1/2 \times t_s) + t_a]$
 $a = 50 \text{ cm} + 2 \times [(1/2 \times 30 \text{ cm}) + 5 \text{ cm}]$
 $a = 90 \text{ cm}$
- d. Beban Crane
 - Jumlah Roda = 4 Roda di setiap sisi
 - Panjang = 10,5 m
 - Jarak Antar Roda = 1 m
 - Beban Per Roda = 27,5 t



Gambar 5.1. Beban Vertikal pada Balok Crane

5.1.2. Beban Vertikal pada Trestle

Beban vertikal yang bekerja pada trestle yaitu sebagai berikut :

- a. Beban Mati Merata pada Trestle
 Berat Sendiri Plat ($t=0,3$) = $0,3\text{m} \times 2,5 \text{ t/m}^3$
 $= 0,75 \text{ t/m}^2$
 $q_D = 0,75 \text{ t/m}^2$
- b. Beban lajur (D)

Beban D terdiri dari beton terbesar merata (UDL) yang digabung dengan beban garis

(KEL). Panjang trestle direncanakan 150 m. sehingga beban UDL dapat dihitung sesuai dengan persamaan 2.5 sebagai berikut :

$$q = 8,0 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{L}\right)$$

$$q = 8,0 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{150}\right)$$

$$q = 4,8 \text{ kPa}$$

Sedangkan beban KEL dihitung sebagai berikut :

$$P = 44 \text{ kN/m}$$

$$L = 150 \text{ m, DLA} = 30\%$$

$$P_{KEL} = (1+DLA) \times P$$

$$P_{KEL} = (1+0,30) \times 44 \text{ kN/m}$$

$$P_{KEL} = 57,2 \text{ kN/m}$$

$$\text{Lebar} = 10 \text{ m}$$

$$P_{KEL} = 57,2 \text{ kN/m} : 10\text{m}$$

$$P_{KEL} = 5,72 \text{ kN/m}$$

5.2. Beban Horisontal

Ada dua macam beban horizontal yang bekerja pada struktur dermaga yaitu beban tumbukan kapal (berthing force) dan beban bertambat kapal (mooring force).

5.2.1. Beban Tumbukan Kapal (Berthing Force)

Beban tumbukan kapal pada dermaga diterima oleh system Fender merupakan bantalan karet yang diletakkan pada sisi depan dermaga yang berfungsi menyerap energi benturan kapal terhadap struktur dermaga. Akibat adanya benturan kapal, maka terjadilah energy tambat efektif (E) yang dihitung berdasarkan persamaan dibawah ini. Rumus ini digunakan dengan mempertimbangkan metode merapat kapal serta jenis fender yang aan digunakan.

Perhitungan virtual weight (W) berdasarkan rumus yang tertera pada persamaan 2.12– 2.14 yaitu sebagai berikut :

$$W1 = \frac{4}{3} \times DWT$$

$$W1 = \frac{4}{3} \times 15.000$$

$$\begin{aligned}
 W1 &= 20.000 \text{ Ton} \\
 W2 &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times \gamma \\
 W2 &= \frac{\pi}{4} \times (9,3)^2 \times 153 \times 1,025 \text{ ton/m}^2 \\
 W2 &= 10.647,59 \text{ Ton} \\
 W &= W1 + W2 \\
 W &= 20.000 + 10.647,59 \\
 W &= 30.647,59 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Perhitungan factor eksentrisitas berdasarkan rumus yang tertera pada persamaan 2.15 yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{1}{1 + \left(\frac{d}{r}\right)^2} \\
 K &= \frac{1}{1 + \left(\frac{8}{14,9}\right)^2} \\
 K &= 0,78
 \end{aligned}$$

Maka kemudian dapat di hitung energi bertambat kapal menggunakan rumus seperti pada persamaan 2.11 perhitungan energy yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{W.V^2}{2g} \cdot k \\
 E &= \frac{30.647,59 \text{ Ton} \cdot (0,15 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \cdot 0,78 \\
 E &= 27,4141 \text{ Ton.m}
 \end{aligned}$$

5.2.2. Beban Bertambat Kapal (Mooring Force)

Kekuatan boulder ditentukan berdasarkan pengaruh gaya akibat angin dan arus yang bekerja pada kapal yang sedang bertambat. Arah arus dan angin yang meninggalkan dermaga akan menyebabkan gaya tarikan kapal pada boulder.

a. Gaya Akibat Angin

Perhitungan gaya angin pada proyek akhir ini yaitu gaya angin yang bekerja pada bagian kapal yang terletak diatas permukaan air. Ada 2 macam arah angin yaitu tegak lurus dengan sumbu kapal dan sejajar dengan sumbu kapal.

Tinggi kapal diatas permukaan air dipengaruhi oleh kapal dalam keadaan sarat penuh dan kosong. Sedangkan bagian kapal yang terendam pada saat kosong yaitu 1/3 dari tinggi draft kapal.

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (1983) Bab IV pasal 4.2 ayat 2 dan 3 tekanan angin di daerah pantai (P) = 40 kg/m^2 , sehingga kecepatan angin yaitu:

$$\begin{aligned} P &= \frac{v^2}{16} \\ 40 &= \frac{v^2}{16} \\ V &= 25.3 \text{ m/s} \end{aligned}$$

maka gaya akibat angin ayng terjadi dapat dihitung sesuai dengan persamaan 2.20 untuk arah angin searah dengan kapal dan tegak lurus dengan kapal.

- **Pengaruh Angin Pada Saat Kondisi Kapal Penuh**

Arah angin Tegak Lurus dengan kapal $\theta = 90^\circ$

$A = \text{Freeboard} \times W$

$A = 3,5 \times 22,3$

$A = 78,05 \text{ m}^2$

$B = \text{Freeboard} \times W$

$B = 3,5 \times 153$

$B = 535,5 \text{ m}^2$

$R_w = 0,5 \times p \times C \times U^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta)$

$R_w = 0,5 \times 0.123 \text{ kg/m}^3 \times 1,21 \times (25,3 \text{ m/s})^2 \times B$

$R_w = 25.507,07 \text{ kg} \approx 255,07 \text{ kN}$

Arah angin searah dengan kapal $\theta = 0^\circ$

$A = \text{Freeboard} \times W$

$A = 3,5 \times 22,3$

$A = 78,05 \text{ m}^2$

$B = \text{Freeboard} \times \text{Loa}$

$B = 3,5 \times 153$

$B = 535,5 \text{ m}^2$

$$R_w = 0,5 \times p \times C \times U^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta)$$

$$R_w = 0,5 \times 0,123 \text{ kg/m}^3 \times 1,21 \times (25,3 \text{ m/s})^2 \times A$$

$$R_w = 3.717,7 \text{ kg} \approx 36,45 \text{ kN}$$

• **Pengaruh Angin Pada Saat Kondisi Kapal Kosong**

Arah angin Tegak Lurus $\theta = 90^\circ$

$$A = \text{Depth} - \left[\left(\frac{1}{3} \cdot \text{draft} \right) \times W \right]$$

$$A = 11 \text{ m} - \left[\left(\frac{1}{3} \cdot 9,3 \right) \times 22,3 \right]$$

$$A = 176,17$$

$$B = \text{Depth} - \left[\left(\frac{1}{3} \cdot \text{draft} \right) \times LoA \right]$$

$$B = 11 \text{ m} - \left[\left(\frac{1}{3} \cdot 9,3 \right) \times 153 \right]$$

$$B = 1208,7$$

$$R_w = 0,5 \times p \times C \times U^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta)$$

$$R_w = 0,5 \times 0,123 \text{ kg/m}^3 \times 1,21 \times (25,3 \text{ m/s})^2 \times B$$

$$R_w = 57.573,15 \text{ kg} \approx 564,599 \text{ kN}$$

Arah angin Tegak Lurus $\theta = 0^\circ$

$$A = \text{Depth} - \left[\left(\frac{1}{3} \cdot \text{draft} \right) \times W \right]$$

$$A = 11 \text{ m} - \left[\left(\frac{1}{3} \cdot 9,3 \right) \times 22,3 \right]$$

$$A = 176,17$$

$$B = \text{Depth} - \left[\left(\frac{1}{3} \cdot \text{draft} \right) \times LoA \right]$$

$$B = 11 \text{ m} - \left[\left(\frac{1}{3} \cdot 9,3 \right) \times 153 \right]$$

$$B = 1208,7$$

$$R_w = 0,5 \times p \times C \times U^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta)$$

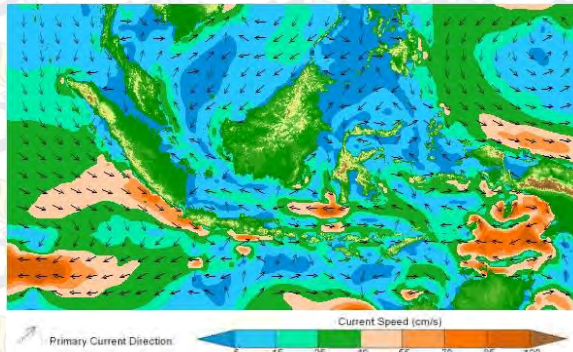
$$R_w = 0,5 \times 0,123 \text{ kg/m}^3 \times 1,21 \times \left(25,3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \times A$$

$$R_w = 8.391,38 \text{ kg} \approx 82,29 \text{ kN}$$

b. Gaya Akibat Arus

Arus yang bekerja pada bagian bawah kapal
yang terendam air juga akan menimbulkan

gaya.kemudian gaya tersebut di teruskan pada alat penunjang dermaga yaitu bollard.kecepatan arus maksimum berdasarkan data arus yaitu bollard. Kecepatan arus maksimum berdasarkan data arus yaitu 20 cm/s. Gaya arus akan bekerja pada arah tegak lurus ($\theta = 90^\circ$) dan arah sejajar ($\theta = 0^\circ$).



Gambar 5.2. Peta Arus Wilayah Indonesia

- Pengaruh Arus Pada Saat Kapal Penuh

Arah Arus Tegak Lurus $\theta = 0^\circ$

$$S = \text{Draft} \times \text{Lebar Kapal}$$

$$S = 9,3 \text{ m} \times 22,3 \text{ m}$$

$$S = 207,39 \text{ m}^2$$

$$V = 0,2 \text{ m/s}$$

$$R_f = 0,14 \times S \times V^2$$

$$R_f = 0,14 \times 207,39 \times 0,2^2 \text{ m/s}$$

$$R_f = 1,161 \text{ Kg}$$

Arah Arus Tegak Lurus $\theta = 90^\circ$

$$S = \text{Draft} \times \text{Loa}$$

$$S = 9,3 \text{ m} \times 153 \text{ m}$$

$$S = 1422,9 \text{ m}^2$$

$$V = 0,2 \text{ m/s}$$

$$\rho = 104,5 \text{ kg/m}^3$$

$$C = 4,7$$

$$\begin{aligned}
 R_f &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C \cdot V^2 \cdot B \\
 R_f &= \frac{1}{2} \cdot 104,5 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,7 \cdot (0,2 \text{ m/s})^2 \cdot 1422,9 \text{ m}^2 \\
 R_f &= 13.977,1467 \text{ kg} \\
 R_f &= 139,77 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Pengaruh Arus Pada Saat Kapal Kosong
Arah Arus Tegak Lurus $\theta = 0^\circ$

$$\begin{aligned}
 S' &= \left(\frac{1}{3} \cdot \text{Draft}\right) \times \text{Lebar Kapal} \\
 S' &= \left(\frac{1}{3} \cdot 9,3\right) \times 22,3 \\
 S' &= 69,13 \text{ m}^2 \\
 \rho &= 104,5 \text{ kg/m}^3 \\
 C &= 4,7 \\
 R_f &= 0,14 \times S \times V^2 \\
 R_f &= 0,14 \times 69,13 \times 0,2^2 \\
 R_f &= 0,38713 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Arah Arus Tegak Lurus $\theta = 90^\circ$

$$\begin{aligned}
 S &= \left(\frac{1}{3} \cdot \text{Draft}\right) \times \text{Loa} \\
 S &= \left(\frac{1}{3} \cdot 9,3\right) \times 153 \text{ m} \\
 S &= 474,3 \text{ m}^2 \\
 V &= 0,2 \text{ m/s} \\
 \rho &= 104,5 \text{ kg/m}^3 \\
 C &= 4,7 \\
 R_f &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C \cdot V^2 \cdot B \\
 R_f &= \frac{1}{2} \cdot 104,5 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,7 \cdot (0,2 \text{ m/s})^2 \cdot 474,3 \text{ m}^2 \\
 R_f &= 4.659,048 \text{ kg} \\
 R_f &= 46,59 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

5.2.3. Beban Gempa (Earthquake Force)

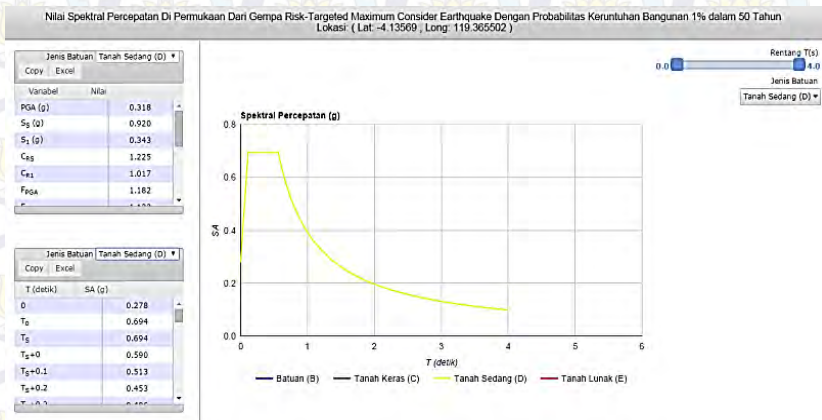
Beban gempa merupakan salah satu beban horizontal yang bekerja pada struktur dermaga dan trestel. pengaruh beban gempa pada struktur dermaga dan trestel diterima oleh tiap portal yang diteruskan ke pondasi.

pada perencanaan ini beban gempa dianalisa dari dua arah yaitu arah memanjang dermaga (sumbu x) dan

arah melintang dermaga (sumbu y). Pada input program SAP 2000 diasumsikan untuk arah melintang dermaga mendapatkan beban Horizontal 100% sedang pada arah memanjang mendapatkan beban gempa sebesar 30% dan sebaliknya.

untuk struktur demaga dan trestel akan direncanakan sesuai dengan **RSNI3-2013 Rancangan Standar Nasional Indonesia, Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa**, dan pilih perencanaan dengan rangka pemikul momen biasa dengan metode analisa gempa respon spektrum, berikut hasil analisis spektrum gempa Indonesia menurut *puskim.pu.co.id* :

- Lokasi : Barru, Sulawesi-Selatan
- Keadaan Tanah : Tanah Sedang
- Letak geografis : $4^{\circ}13'5.69''S$, "U"



Gambar 5.3. Grafik Respon Spektrum Pelabuhan Awerange Untuk Tanah Sedang

Kemudian dapat ditabelkan seperti pada tabel 5.1 lalu diinputkan respon spectrum pada SAP2000.

Tabel 5.1 perhitungan gempa respon spektrum

Variabel	Nilai	T (detik)	SA (g)
PGA (g)	0.318	0	0.246
SS (g)	0.92	T0	0.614
S1 (g)	0.343	TS	0.614
CRS	1.225	TS+0	0.484
CR1	1.017	TS+0.1	0.399
FPGA	1	TS+0.2	0.34
FA	1	TS+0.3	0.296
FV	1	TS+0.4	0.262
		TS+0.5	0.235
		TS+0.6	0.213
		TS+0.7	0.195
		TS+0.8	0.18
		TS+0.9	0.167
		TS+1	0.155
		TS+1.1	0.145
		TS+1.2	0.137
		TS+1.3	0.129
		TS+1.4	0.122
		TS+1.5	0.116
		TS+1.6	0.11
		TS+1.7	0.105
		TS+1.8	0.101
		TS+1.9	0.096
		TS+2	0.092
		TS+2.1	0.089
		TS+2.2	0.086
		TS+2.3	0.082
		TS+2.4	0.08
		TS+2.5	0.077
		TS+2.6	0.074
		TS+2.7	0.072
		TS+2.8	0.07
		TS+2.9	0.068
		TS+3	0.066

5.3. Perencanaan Bollard

Besarnya beban tambat yang digunakan sebagai beban tambatan rencana adalah besarnya beban yang bekerja pada bollard akibat angin dan arus kemudian dipilih yang paling dominan dari beberapa beban tersebut. seperti yang tercantum pada tabel 5.2. berikut ini :

Tabel 5.2 hasil perhitungan gaya tambat Angin dan Arus

Kondisi	Akibat Arus		Akibat Angin	
	$\theta = 90^\circ$	$\theta = 0^\circ$	$\theta = 90^\circ$	$\theta = 0^\circ$
Penuh	139,77	1,161	255,07	36,45
Kosong	46,59	0,004	564,599	82,29

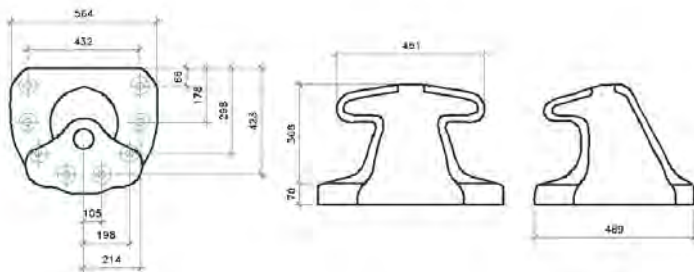
Berdasarkan tabel 5.2 gaya terbesar bollard 564,599 kN akibat beban angin pada saat kapal kosong. dalam perhitungan bollard, satu bollard dianggap menahan 0,5 beban. maka, beban yang harus dipikul oleh bollard adalah :

$$T = 0,5 \times (0,01 \text{ kN} + 564,599 \text{ kN})$$

$$T = 282,30 \text{ kN}$$

$$T = 28,786 \text{ Ton}$$

sedangkan berdasarkan *OCDI Technical Standarts and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan 2002* untuk kapal 10.000 DWT – 20.000 DWT = 70 Ton. Dalam proyek akhir ini direncanakan menggunakan bollard *Maritime International MT-50* dengan ukuran dapat dilihat pada gambar 5.6



Gambar 5.4. Rencana Bollard MT-50

5.3.1. Penempatan Bollard

Berdasarkan ketentuan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984*, tabel 7.5 hal. 33 adalah sebagai berikut :

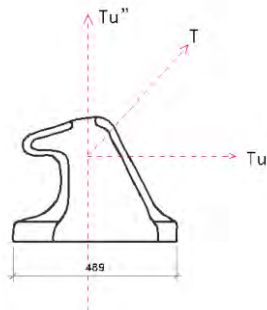
Tabel 5.3 Jarak Pemasangan Boulder menurut Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984

Gross Tonnage of Ship	Max. Spacing of Bollard	Min. Number of installation per Perth
5.001 – 20.000	25	6

Letak bollard dipilih pada portal dimana dipasang tiang pancang miring pada dermaga. sesuai ketentuan tersebut maka dipasang bollard 8 buah, 2 buah dimasing masing segmen.

5.3.2. Perencanaan Dimensi Angkur Bollard

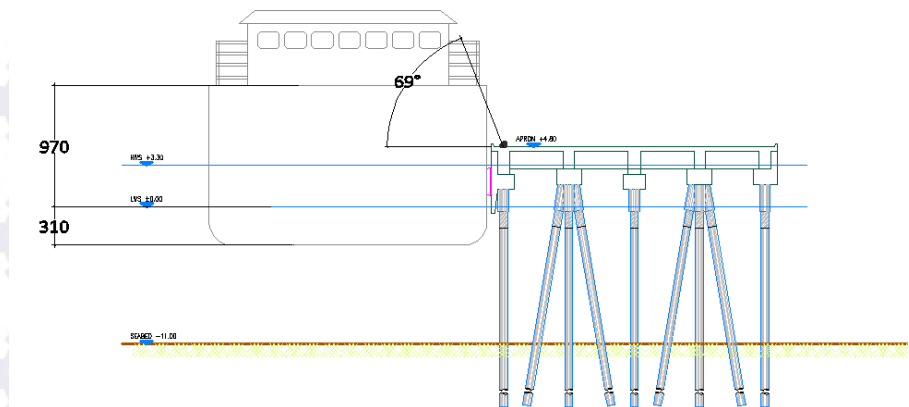
Bollard menerima gaya cabut dari kapal dengan membentuk sudut tertentu terhadap bidang datar, sehingga pada analisa gaya tersebut diuraikan menjadi gaya-gaya vertikal dan horizontal, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



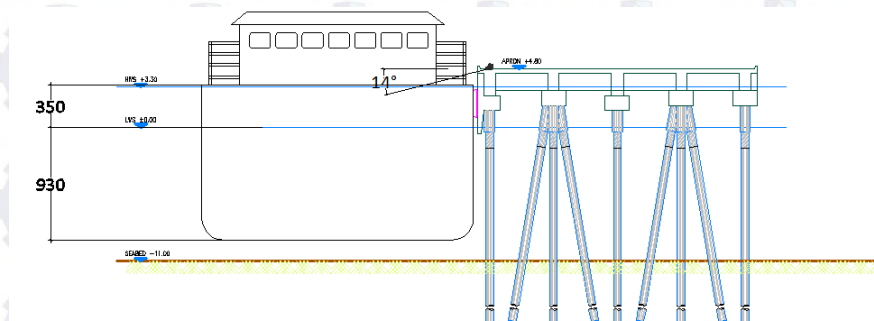
Gambar 5.5. Uraian Gaya Bollard



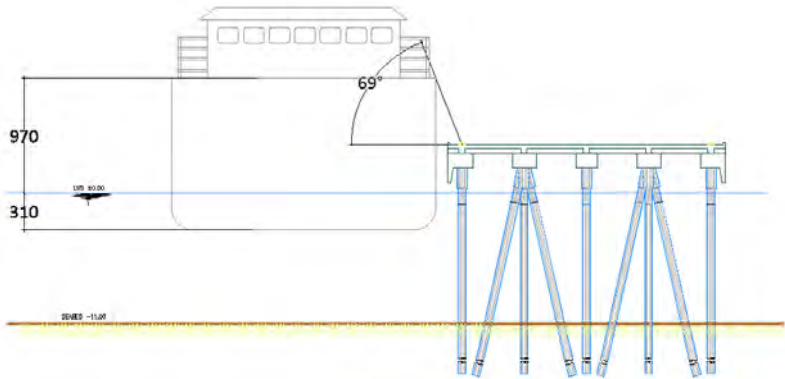
Gambar 5.7. Kondisi Kapal Kosong saat HWS



Gambar 5.8. Kondisi Kapal Kosong saat LWS



Gambar 5.9. Kondisi Kapal Penuh saat HWS



Gambar 5.10. Kondisi Kapal Penuh saat LWS

Tabel 5.4 Sudut Vertikal Tali Kapal

Kondisi kapal	HWS	LWS
Saat Penuh	52°	-14°
Saat Kosong	76°	69°

perhitungan gaya Cabut yaitu sebagai berikut:

- Saat Kapal Penuh

Kondisi HWS

$$T' = 282,30 \text{ kN} \times \cos 52^\circ$$

$$T' = 173,8 \text{ kN}$$

$$T'' = 282,30 \text{ kN} \times \sin 52^\circ$$

$$T'' = 222,455 \text{ kN}$$

$$M = 222,455 \text{ kN} \times 0,4$$

$$M = 88,98 \text{ kN.m}$$

Kondisi LWS

$$T' = 282,30 \text{ kN} \times \cos 76^\circ$$

$$T' = 68,29 \text{ kN}$$

$$T'' = 282,30 \text{ kN} \times \sin 76^\circ$$

$$T'' = 273,9144 \text{ kN}$$

$$M = 273,9144 \text{ kN} \times 0,4$$

$$M = 109,56 \text{ kN.m}$$

- Saat Kapal Kosong

Kondisi HWS

$$T' = 282,30 \text{ kN} \times \cos 69^\circ$$

$$T' = 101,16 \text{ kN}$$

$$T'' = 282,30 \text{ kN} \times \sin 69^\circ$$

$$T'' = 263,54 \text{ kN}$$

$$M = 282,30 \text{ kN} \times 0,4$$

$$M = 105,41 \text{ kN.m}$$

Kondisi LWS

$$T' = 282,30 \text{ kN} \times \cos -14^\circ$$

$$T' = 273,91 \text{ kN}$$

$$T'' = 282,30 \text{ kN} \times \sin -14^\circ$$

$$T'' = -68,294 \text{ kN}$$

$$M = -68,294 \text{ kN} \times 0,4$$

$$M = -27,31 \text{ kN.m}$$

Tabel 5.5 Perhitungan Resultan Gaya

Kode Gaya	Kosong HWS	Kosong LWS	Penuh HWS	Penuh LWS
T'	101,16	273,91	88,98	68,29
T''	263,54	-68,294	222,455	273,9144
M	105,41	-27,31	88,98	109,56

Direncanakan menggunakan beton $f_c = 30 \text{ Mpa}$ dan Besi tulangan BJ 37 maka $f_y = 240 \text{ Mpa}$ dan $f_u = 370 \text{ Mpa}$, dengan trial dan error direncanakan angkur (D) = 22 mm dengan jumlah angkur (y) 5 buah. maka perhitungan dapat dilanjutkan sebagai berikut :

$$A_s = \pi \cdot r^2 \cdot y$$

$$A_s = \pi \cdot (11\text{mm})^2 \cdot 5$$

$$A_s = 1.900,66 \text{ mm}^2$$

$$P = A_s \cdot F_y$$

$$P = 1.900,66 \text{ mm}^2 \cdot 0,24 \text{ kN/mm}^2$$

$$P = 456,15 \text{ kN}$$

$$C_c = \frac{0,45 \times f_{c'} }{2} \cdot B$$

$$C_c = \frac{0,45 \times 0,03 \text{ kN/mm}^2 \cdot X}{2} = 564 \text{ mm}$$

$$C_c = 3,81 X$$

dari gambar 5.4 maka dapat disimpulkan gaya sebagai berikut :

$$P - Tu'' - C_c = 0$$

$$456,15 \text{ kN} - 273,9144 \text{ kN} - 3,81 X = 0$$

$$3,81 X = 182,2356$$

$$X = 47,8 \text{ kN}$$

5.4. Pemilihan Tipe dan Dimensi Fender

Dengan berdasarkan energi tambat efektif yang dibutuhkan oleh kapal, maka dipilih tipe fender Bridgestone SM 800 H dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$H = 1400 \text{ mm}$$

$$R = 91,5 \text{ Ton}$$

$$E = 29,9 \text{ Ton-M}$$

$$\text{Deflection} = 52,5 \%$$

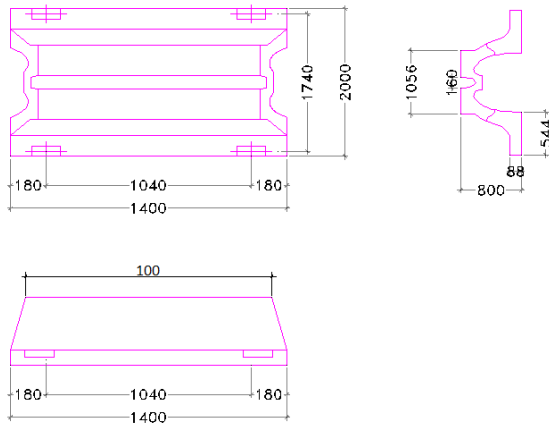
SM800H

(2) Performance

Rubber grade	ME				M1				M2				M3			
Deflection	52.5 %		57.5 %		50 %		55 %		50 %		55 %		50 %		55 %	
Performance	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E
Length (m)	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips
1.0	91.5 201.8	29.9 216.3	128.3 282.9	34.1 246.7	69.9 154.1	21.7 157.0	98.9 218.1	25.0 180.9	57.9 127.7	18.1 131.0	60.0 176.4	20.8 150.5	49.6 109.4	15.3 110.7	66.0 149.9	17.7 128.1
1.5	137.3 302.7	44.9 324.9	192.5 424.5	51.2 370.4	104.9 231.3	32.6 235.9	148.1 326.6	37.5 271.3	86.9 191.6	27.2 196.8	120.0 264.6	31.2 225.7	74.4 164.1	23.0 166.4	102.0 224.9	26.6 192.5
2.0	183.0 403.5	59.8 432.6	256.6 565.8	68.2 493.4	139.8 308.3	43.4 314.0	197.4 435.3	50.0 361.8	115.8 255.3	36.2 261.9	160.0 352.8	41.6 301.0	99.2 218.7	30.6 221.4	136.0 299.9	35.4 256.1
2.5	228.8 504.5	74.8 541.2	320.8 707.4	85.3 617.1	174.8 385.4	54.3 392.9	246.8 544.2	62.5 452.2	144.8 319.3	45.3 327.7	200.0 441.0	52.0 376.2	124.0 273.4	38.3 277.1	170.0 374.9	44.3 320.5
3.0	274.5 605.3	89.7 649.0	384.9 848.7	102.3 740.1	209.7 462.4	65.1 471.0	296.1 652.9	75.0 542.6	173.7 383.0	54.3 392.9	240.0 529.2	62.4 451.5	148.8 328.1	45.9 332.1	204.0 449.8	53.1 384.2

R: Reaction force E: Energy absorption Tolerance: ± 10%

Gambar 5.11. Performance Table Bridgestone Marine Fender



Gambar 5.12. Dimensi Fender

5.5. Jarak Fender

berdasarkan persamaan 2.16 menghitung spasi fender arah horizontal adalah sebagai berikut :

$$2.1 \leq 2 \sqrt{hf \left(\frac{B}{2} + \frac{L^2}{8B} - hf \right)}$$

$$2.6 \leq 2 \sqrt{0,8 \text{ m} \left(\frac{22,3 \text{ m}}{2} + \frac{(153 \text{ m})^2}{8.22,3 \text{ m}} - 0,5 \text{ m} \right)}$$

$$12 \leq 21,3066$$

jadi jarak antar fender yang dipakai adalah 6 m

Pada konstruksi dermaga General Cargo Awerange Barro direncanakan fender ditempatkan disepanjang dermaga. Fender dipasang sesuai jarak portal memanjang yaitu 6 m. Perkiraan jumlah fender yang menerima benturan kapal yaitu :

$$\frac{\text{Panjang Bidang Sentuh Kapal}}{\text{Jarak Portal}} + 1 \text{ Fender}$$

Dimana Panjang Bidang sentuh secara praktis dapat ditentukan menggunakan persamaan $1/12 L$ s/d $1/10 L$, dimana L adalah panjang kapal.

$$\begin{aligned} L &= 153 \text{ m} \\ 1/10 L &= 153\text{m}/10 = 15,3 \text{ m} \\ \frac{15,3 \text{ m}}{4,5 \text{ m}} + 1 &= 4,4 = 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dengan memperhitungkan operasional dermaga, maka fender yang diperhitungkan untuk menerima benturan sandar kapal yaitu 4 fender.

5.6. Pemasangan Fender

Letak Fender pada berthing harus direnakan terlebih dahulu sehingga fender dapat mengenai kapal pada saat kapal merapat. Posisi pemasangan fender ini ditentukan oleh elevasi tepi atas fender terhadap lantai dermaga dan elevasi tepi bawah fender terhadap tinggi dek kapal bermuatan penuh dan surut terendah.

5.6.1. Elevasi Tepi Atas Fender

Defleksi Maksimal (δ_{\max}) = 50,5 % x H = 404 mm, dianggap bahwa sudut lambung kapal dengan bidang vertikal yaitu 30°. Maka jarak tepi atas fender (h_i) terhadap lantai dermaga yaitu sesuai persamaan 2.14 yaitu :

$$h_0 = \text{freeboard} \times \sin 30$$

$$h_0 = 3.500 \text{ mm} \times \sin 30$$

$$h_0 = 1.750 \text{ mm}$$

$$h_1 = \frac{(H - \delta_{\max} \cdot H)}{\tan \theta}$$

$$h_1 = \frac{(1400 \text{ mm} - \delta_{\max} \times H)}{\tan \theta}$$

$$h_1 = 831,38 \text{ mm}$$

$$h_i = (\text{Elev. Apron} - \text{HWS}) - h_0 + h_1$$

$$h_i = (4800 \text{ mm} - 3300 \text{ mm}) - 1.750 + 831,38 \text{ mm}$$

$$h_i = 1.081 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} &\text{sehingga elevasi tepi atas fender (LWS)} \\ &+ 4800 \text{ mm LWS} - 1.081 \text{ mm} = 3.719 \text{ mm} \\ &= 3,7 \text{ m} \end{aligned}$$

5.6.2. Elevasi Tepi Bawah Fender

Berdasarkan pertimbangan praktis letak fender harus ditetapkan sedemikian hingga kapal rencana dapat merapat dengan aman. Elevasi tepi bawah fender ditentukan dengan mempertimbangkan tinggi dek kapal rencana yang bermuatan penuh pada saat surut terendah.

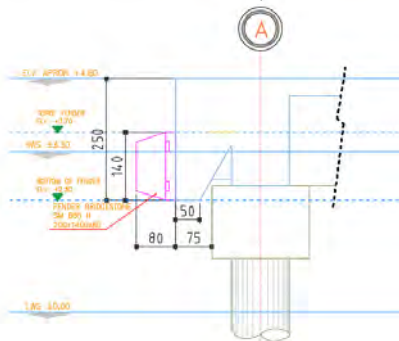
Tinggi dek kapal pada saat penuh adalah H-D sedangkan ketika dalam keadaan kosong tinggi kapal adalah H-1/3.

Tabel 5.6 Tinggi Dek Kapal pada saat keadaan Penuh dan Kosong

Kapal Rencana	15.000 DWT
Tinggi Kapal(H)	12,8 m
Sarat Penuh Maksimum/draft (D)	9,3 m
Tinggi Dek Kapal Keadaan Penuh (H-D)	3,5 m
Tinggi Dek Kapal Keadaan Kosong (H-1/3D)	9,7 m

maka elevasi tepi bawah fender yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{El. Bottom of fender} - L_{\text{fender}} &= +3,7 \text{ m} - 1,4 \text{ m} \\ &= +2,3 \text{ m} \end{aligned}$$



Gambar 5.13. Elevasi Fender

5.6.3. Gaya Reaksi Fender

Bidang sentuh kapal rencana 15.000 DWT adalah 153 cm untuk fender dengan posisi vertikal. Energi yang dapat diserap fender pada saat merapat yaitu sebagai berikut :

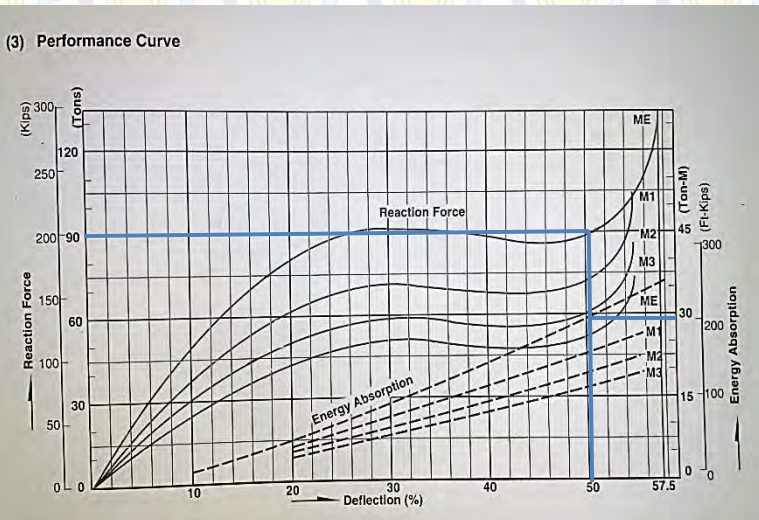
$$\text{Berthing energy} = 29,9 \text{ Ton.m}$$

$$\text{LFender} = 1,4 \text{ m}$$

$$\text{E Berthing} = 29,9 \text{ Ton.m} \times 1,4 \text{ m}$$

$$\text{E Berthing} = 41,86 \text{ Ton.m}$$

Karena bidang sentuh 1,53 m maka Berthing Energinya: $41,86 / 1,53 = 27,359 \text{ Ton.m}$. Berdasarkan grafik pada gambar 5.16 gaya reaksi yang diperoleh adalah 90 Ton.



Gambar 5.14. Grafik reaksi dan berthing energy



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

ANALISA STRUKTUR

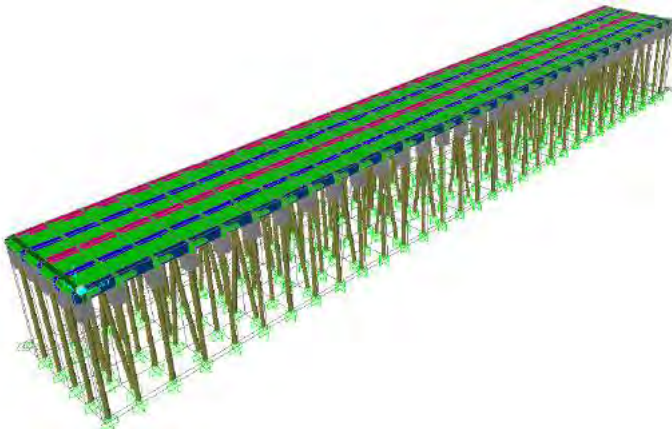
6.1. Analisis Struktur

Dalam analisis struktur dermaga ini digunakan software SAP 2000 dengan permodelan 3D. Hasil (output SAP 2000) dari analisis struktur menggunakan software ini yaitu berupa:

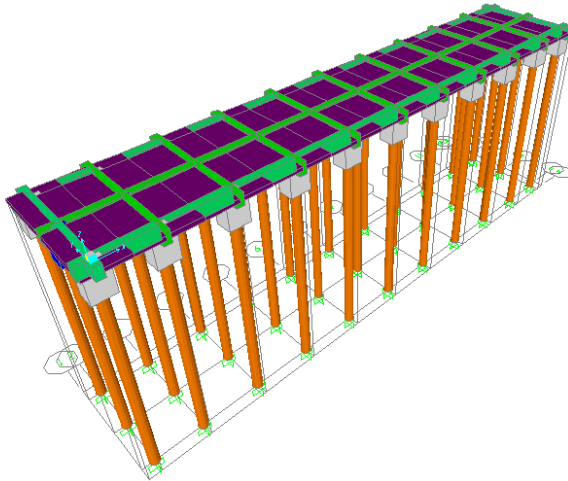
- a. Output momen, gaya geser dan torsi.
- b. Output displacement, reaction dan applied loads.
- c. Output momen (khusus untuk menganalisis plat lantai) untuk memperoleh momen tumpuan dan lapangan plat.

6.2. Permodelan Struktur

Permodelan struktur dermaga dan trestle dalam proyek akhir ini menggunakan aplikasi SAP 2000 dengan model 3D untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga dan disajikan dalam bentuk gambar. Sedangkan output dari SAP 2000 dapat dilihat dilampiran.



Gambar 6.1. Permodelan Struktur Dermaga



Gambar 6.2. Permodelan Struktur Trestle

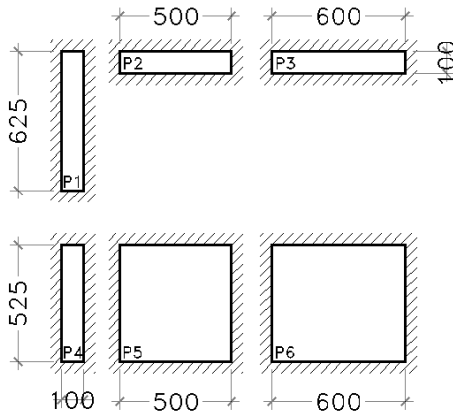
6.2.1. Permodelan Struktur Plat

Analisis struktur plat menggunakan software SAP 2000 dengan SHELL untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada plat. ada beberapa tipe plat yang digunakan pada struktur dermaga, yaitu:

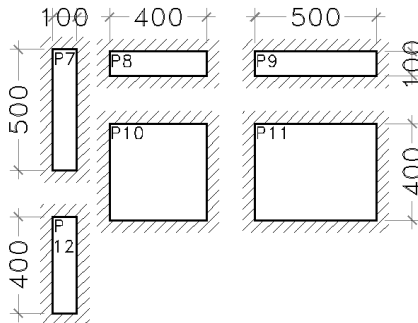
- P1 = 100 x 625 cm
- P2 = 500 x 100 cm
- P3 = 600 x 100 cm
- P4 = 100 x 525 cm
- P5 = 500 x 525 cm
- P6 = 600 x 525 cm

Sedangkan untuk plat trestle yaitu sebagai berikut :

- P7 = 100 x 500 cm
- P8 = 400 x 100 cm
- P9 = 500 x 100 cm
- P10 = 400 x 400 cm
- P11 = 500 x 400 cm
- P12 = 100 x 400 cm



Gambar 6.3. Asumsi Pelat Dermaga



Gambar 6.4. Asumsi Pelat Trestle

Dalam perhitungan momen plat dermaga dan trestle, asumsi plat sebagai plat lentur dan dianggap terjepit pada keempat sisinya. Untuk lebih jelasnya pada gambar 6.4.

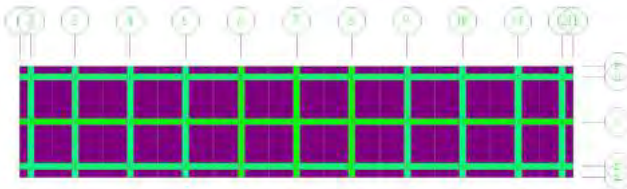
Beban-beban yang bekerja pada plat dermaga yaitu sebagai berikut :

- Beban mati dermaga
- Beban hidup merata dermaga

Berikut ini disajikan permodelan struktur dermaga dan struktur plat lantai trestle yang dianalisa dengan menggunakan software SAP2000 SHELL untuk mendapatkan momen yang bekerja pada plat tersebut, untuk lebih jelasnaya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6.5. Model Struktur Plat Dermaga



Gambar 6.6. Model Struktur Plat Trestle

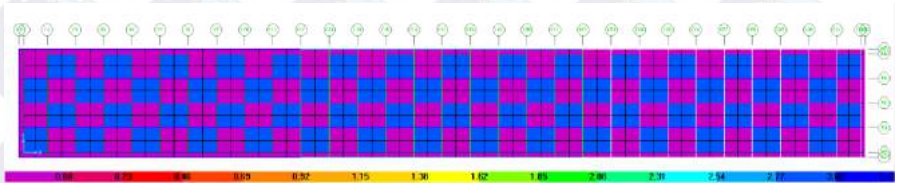
Dalam analisis struktur plat dermaga(tipe plat S1 hingga S6) beban yang bekerja yaitu sebagai berikut:

- Beban mati merata (berat sendiri)
- Beban hidup merata

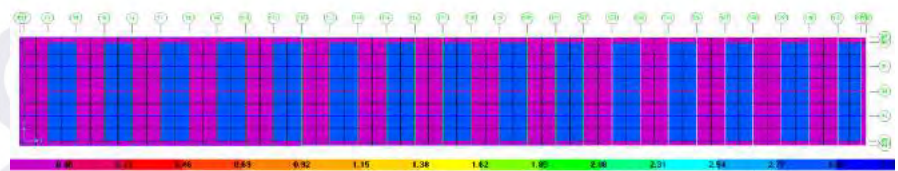
Adapun untuk besarnya beban hidup merata sesuai dengan yang diulas pada BAB II pasal 2.1.7.2 yaitu sebesar 3 ton/m^2 . Beban hidup merata tersebut mempunyai 9 tipe posisi (L1,L2,L3,L4,L5,L6,L7,L8,L9) yang berbeda. Untuk

lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 6.7 hingga gambar 6.15.

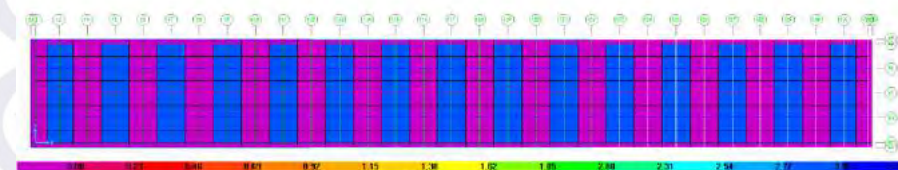
Sedangkan output dari analisis struktur plat dengan menggunakan software SAP 2000 disajikan dalam bentuk kontur momen plat dermaga berupa M11 (arah X) dan M22 (arah Y) berikut ini.



Gambar 6.7. Beban Hidup Merata Type (L1)



Gambar 6.8. Beban Hidup Merata Type (L2)



Gambar 6.9. Beban Hidup Merata Type (L3)



Gambar 6.10. Beban Hidup Merata Type (L4)



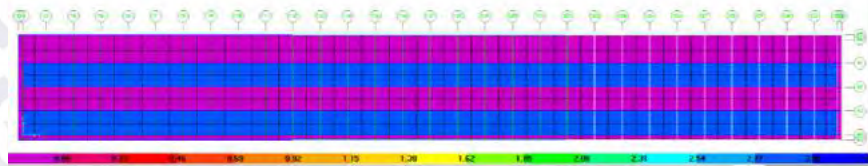
Gambar 6.11. Beban Hidup Merata Type (L5)



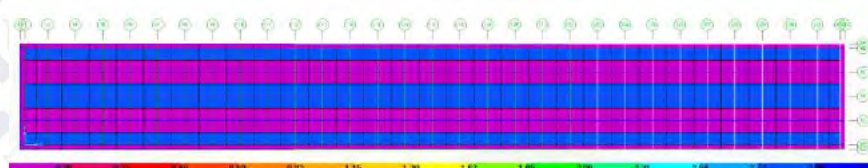
Gambar 6.12. Beban Hidup Merata Type (L6)



Gambar 6.13. Beban Hidup Merata Type (L7)

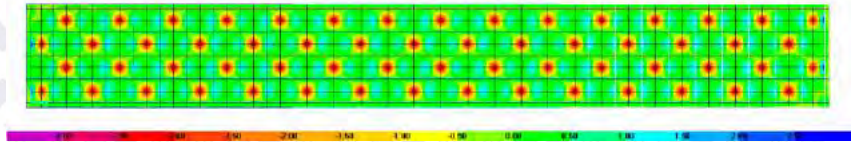


Gambar 6.14. Beban Hidup Merata Type (L8)



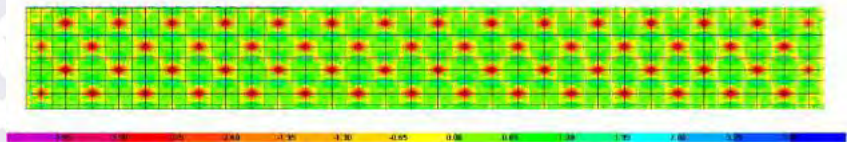
Gambar 6.15. Beban Hidup Merata Type (L9)

Sedangkan kontur momen M11 dan M22 pada plat jetty akibat beban hidup merata (Type L1-L9) dapat dilihat pada gambar 6.16 hingga gambar 6.33.



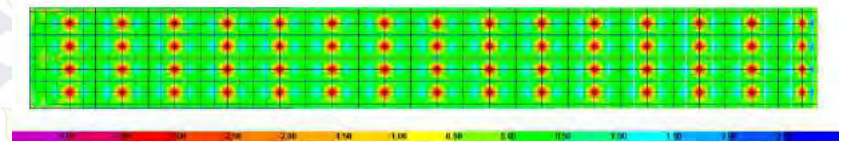
Gambar 6.16. Kontur Momen M11 Akibat Beban Hidup Merata (L1)

Momen terbesar M11 akibat beban hidup merata L1 yaitu sebesar 4,328 Ton.m



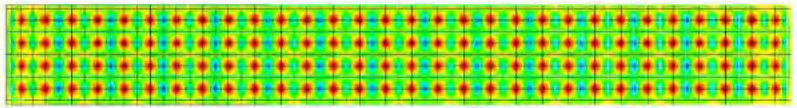
Gambar 6.17. Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L1)

Momen terbesar M22 akibat beban hidup merata L1 yaitu sebesar 4,933 Ton.m



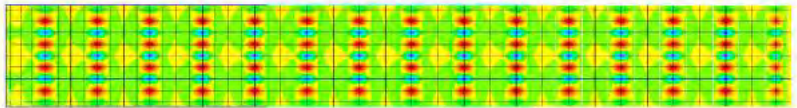
Gambar 6.18. Kontur Momen M11 Akibat Beban Hidup Merata (L2)

Momen terbesar M11 akibat beban hidup merata L2 yaitu sebesar 4,48 Ton.m



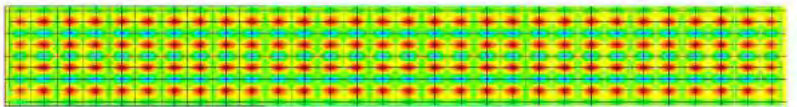
Gambar 6.19. Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L2)

Momen terbesar M22 akibat beban hidup merata L2 yaitu sebesar 4,9 Ton.m



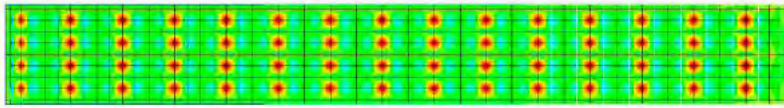
Gambar 6.20. Kontur Momen M11 Akibat Beban Hidup Merata (L3)

Momen terbesar M11 akibat beban hidup merata L3 yaitu sebesar 2,19 Ton.m



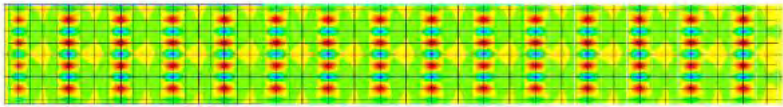
Gambar 6.21. Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L3)

Momen terbesar M22 akibat beban hidup merata L3 yaitu sebesar 2,47 Ton.m



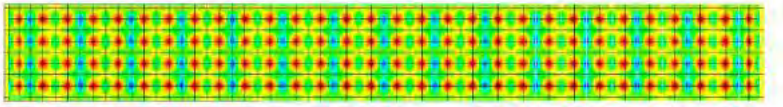
Gambar 6.22. Kontur Momen M11 Akibat Beban Hidup Merata (L4)

Momen terbesar M11 akibat beban hidup merata L4 yaitu sebesar 4,48 Ton.m



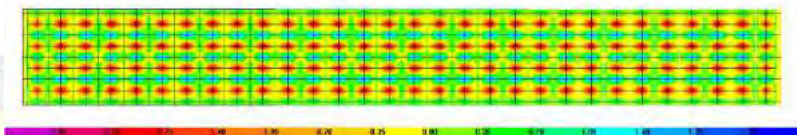
Gambar 6.23. Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L4)

Momen terbesar M22 akibat beban hidup merata L4 yaitu sebesar 4,9 Ton.m



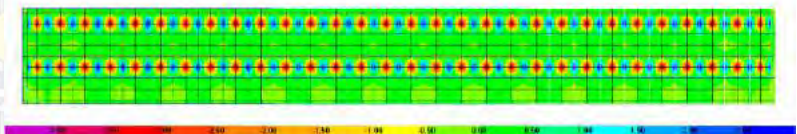
Gambar 6.24. Kontur Momen M11 Akibat Beban Hidup Merata (L5)

Momen terbesar M11 akibat beban hidup merata L5 yaitu sebesar 2,18 Ton.m



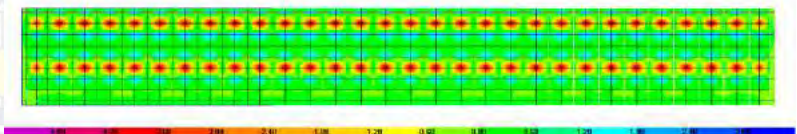
Gambar 6.25. Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L5)

Momen terbesar M22 akibat beban hidup merata L5 yaitu sebesar 2,476 Ton.m



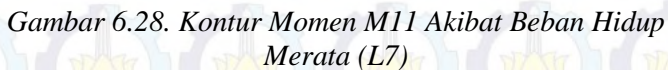
Gambar 6.26. Kontur Momen M11 Akibat Beban Hidup Merata (L6)

Momen terbesar M11 akibat beban hidup merata L6 yaitu sebesar 4,3 Ton.m

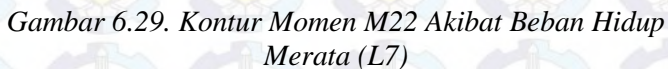


Gambar 6.27. Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L6)

Momen terbesar M22 akibat beban hidup merata L6 yaitu sebesar 5,1 Ton.m



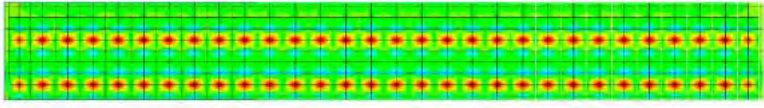
Momen terbesar M11 akibat beban hidup merata L7 yaitu sebesar 2,236 Ton.m



Momen terbesar M22 akibat beban hidup merata L7 yaitu sebesar 2,556 Ton.m

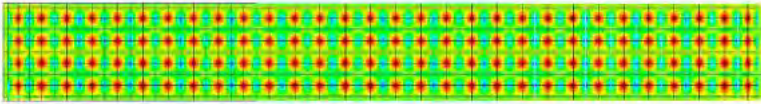


Momen terbesar M11 akibat beban hidup merata L8 yaitu sebesar 4,332 Ton.m



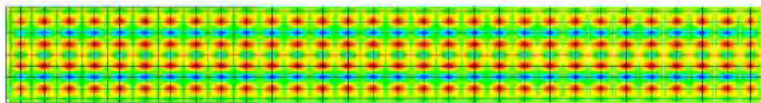
Gambar 6.31. Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L8)

Momen terbesar M22 akibat beban hidup merata L8 yaitu sebesar 5,07 Ton.m



Gambar 6.32. Kontur Momen M11 Akibat Beban Hidup Merata (L9)

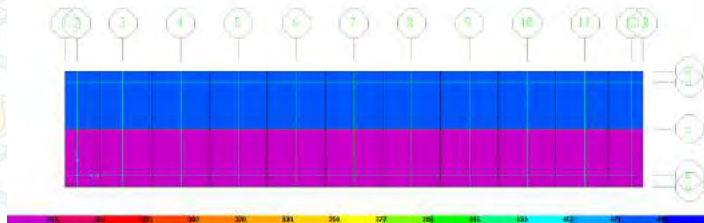
Momen terbesar M11 akibat beban hidup merata L9 yaitu sebesar 2,268 Ton.m



Gambar 6.33. Kontur Momen M22 Akibat Beban Hidup Merata (L9)

Momen terbesar M22 akibat beban hidup merata L9 yaitu sebesar 2,47 Ton.m

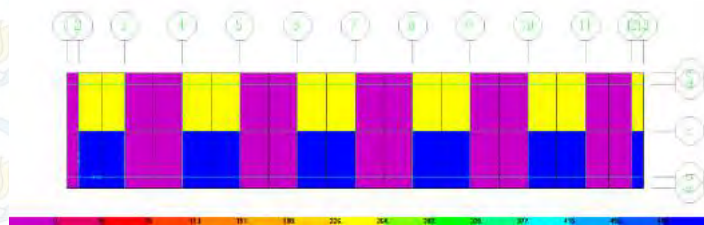
Beban yang bekerja pada plat trestle yaitu beban lajur D. Adapun beban lajur terdiri dari beban merata UDL (*Uniformly Distributed Load*). Sesuai dengan hasil perhitungan beban UDL pada BAB V yaitu sebesar 4,8 KPa, beban UDL ada 6 macam berdasarkan posisinya (UDL₁, UDL₂, UDL₃, UDL₄, UDL₅). Untuk letak beban dapat dilihat seperti pada gambar 6.34 hingga gambar 6.38.



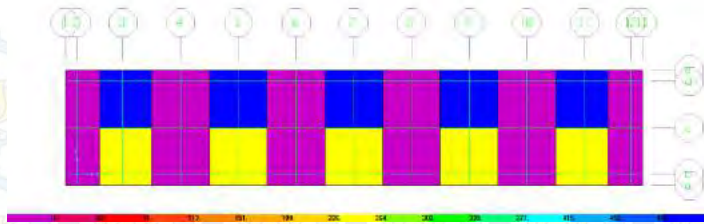
Gambar 6.34. Beban UDL 1



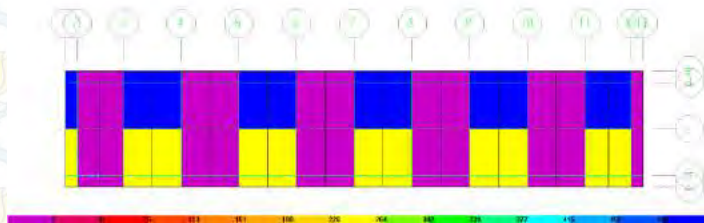
Gambar 6.35. Beban UDL 2



Gambar 6.36. Beban UDL 3

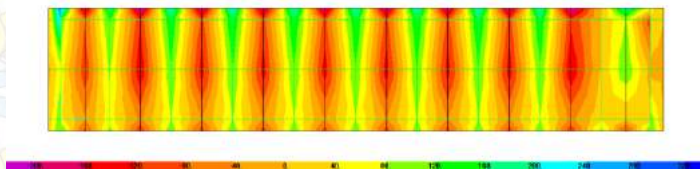


Gambar 6.37. Beban UDL 4



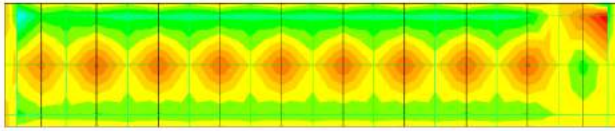
Gambar 6.38. Beban UDL 5

Untuk kontur momen M_{11} dan M_{22} pada plat trestle akibat beban UDL (UDL_1 - UDL_5) dapat dilihat pada gambar 6.39 hingga 6.50.



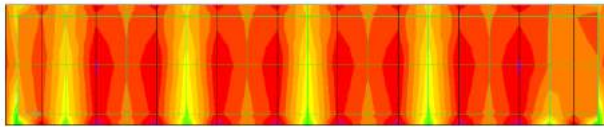
Gambar 6.39. Kontur Momen M_{11} Akibat Beban UDL_1

Momen terbesar M_{11} akibat beban hidup merata UDL_1 yaitu sebesar 0,234 Ton.m



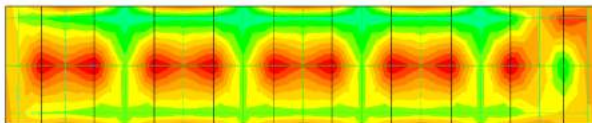
Gambar 6.40. Kontur Momen M22 Akibat Beban UDL1

Momen terbesar M22 akibat beban hidup merata UDL1 yaitu sebesar 0,15 Ton.m



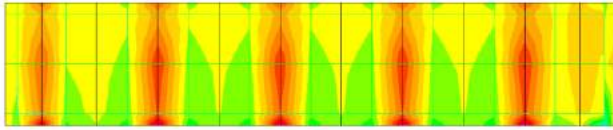
Gambar 6.41. Kontur Momen M11 Akibat Beban UDL2

Momen terbesar M11 akibat beban hidup merata UDL2 yaitu sebesar 0.116 Ton.m



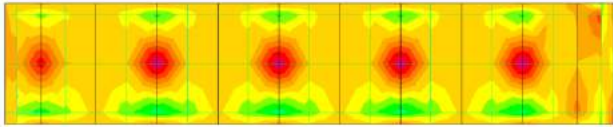
Gambar 6.42. Kontur Momen M22 Akibat Beban UDL2

Momen terbesar M22 akibat beban hidup merata UDL2 yaitu sebesar 0,072 Ton.m



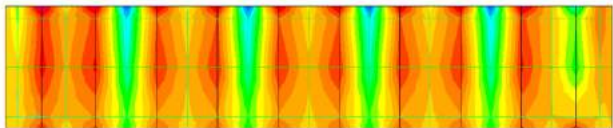
Gambar 6.43. Kontur Momen M11 Akibat Beban UDL3

Momen terbesar M11 akibat beban hidup merata UDL3 yaitu sebesar 0,274 Ton.m



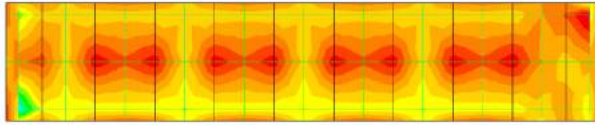
Gambar 6.44. Kontur Momen M22 Akibat Beban UDL3

Momen terbesar M22 akibat beban hidup merata UDL3 yaitu sebesar 0,1 Ton.m



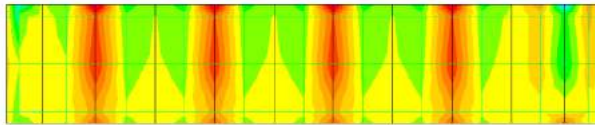
Gambar 6.45. Kontur Momen M11 Akibat Beban UDL4

Momen terbesar M11 akibat beban hidup merata UDL4 yaitu sebesar 0,131 Ton.m



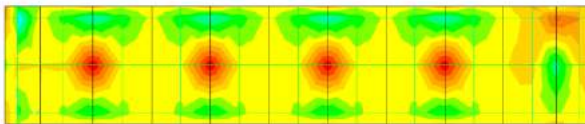
Gambar 6.46. Kontur Momen M22 Akibat Beban UDL4

Momen terbesar M22 akibat beban hidup merata UDL4 yaitu sebesar 0,05 Ton.m



Gambar 6.47. Kontur Momen M11 Akibat Beban UDL5

Momen terbesar M11 akibat beban hidup merata UDL5 yaitu sebesar 0,279 Ton.m



Gambar 6.48. Kontur Momen M22 Akibat Beban UDL5

Momen terbesar M22 akibat beban hidup merata UDL5 yaitu sebesar 0,1 Ton.m

6.2.2. Permodelan Struktur Balok

Analisis struktur balok dermaga dan trestle menggunakan program SAP2000 dengan model 3D untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga.

Beban yang bekerja pada balok dermaga dan trestle yaitu beban lane, pada gambar 6.49 disajikan permodelan beban crane yang menggunakan lane dermaga dan dianalisis menggunakan software SAP2000.

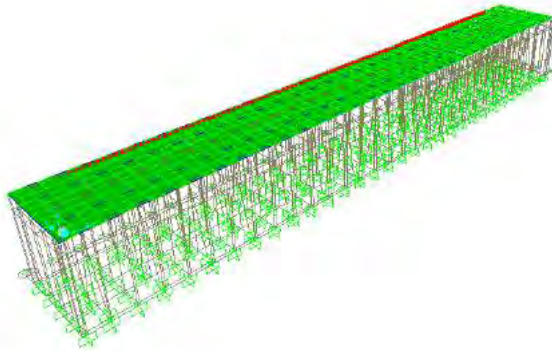
Dalam proyek akhir ini direncanakan menggunakan 5 jenis balok untuk dermaga dan 4 jenis balok trestle yang dibedakan dimensinya setiap jenis balok. Untuk dimensi dan jenis balok dermaga dan trestle dapat dilihat pada gambar 6.1 dan 6.2.

Tabel 6.1. Resume Balok Dermaga

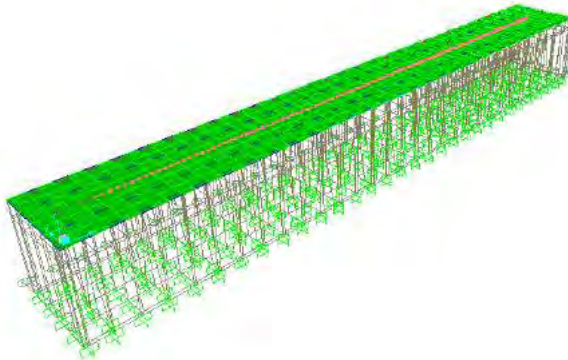
No.	Tipe Balok	Dimensi		Lokasi
		h (cm)	b (cm)	
1	BD1 (Balok Crane)	220	120	Dermaga
2	BD2 (Balok Melintang)	180	100	Dermaga
3	BD3 (Balok Memanjang)	180	100	Dermaga
4	BD4 (Balok Tepi)	100	60	Dermaga

Tabel 6.2. Resume Balok Trestle

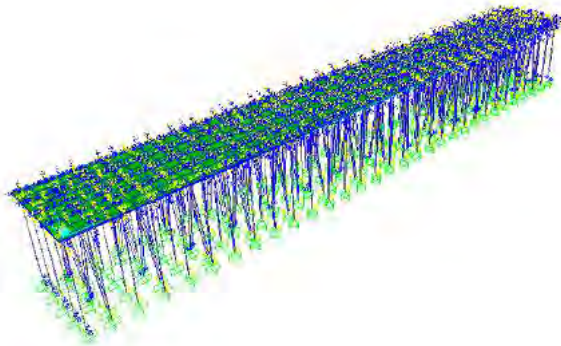
No.	Tipe Balok	Dimensi		Lokasi
		h (cm)	b (cm)	
1	BT1 (Balok Memanjang)	100	60	Trestle
2	BT2 (Balok Melintang)	100	60	Trestle



Gambar 6.49. Letak Beban Crane 1

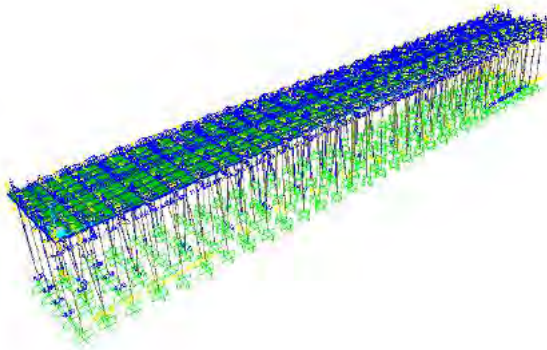


Gambar 6.50. Letak Beban Crane 2



Gambar 6.51. Momen M22 Akibat Beban Crane

Momen Maksimum M22 yang terjadi akibat beban crane yaitu sebesar 0,85 Ton.m



Gambar 6.52. Momen M33 Akibat Beban Crane

Momen Maksimum M33 yang terjadi akibat beban crane yaitu sebesar 12,77 Ton.m

6.2.3. Permodelan Struktur Pile Cap

Analisis struktur pile cap dermaga dan trestle menggunakan program SAP2000 dengan model 3D untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga dan trestle.

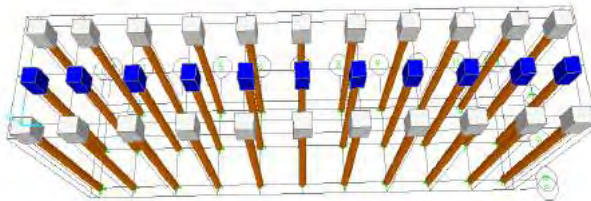
Dalam proyek akhir ini direncanakan menggunakan 2 jenis pile cap untuk dermaga dan 1 jenis pile cap pada trestle yang dibedakan berdasarkan dimensi tiang pancang dermaga dan trestle dapat dilihat pada tabel 6.3. untuk letak tiang pancang pada dermaga dapat dilihat pada gambar 6.53. dan gambar 6.54 letak tiang pancang pada trestle

Tabel 6.3. Tipe dan Jenis Pile Cap

No.	Tipe Balok	Dimensi		Tiang Pancang (cm)	Posisi Tiang
		h (cm)	b (cm)		
1	PC 1 (Dermaga)	200	200	100	Tegak
2	PC 2 (Dermaga)	200	200	90	Tegak
3	PC3 (Dermaga)	200	300	95	Miring
4	PC 4 (Trestle)	130	130	75	Tegak



Gambar 6.53. Posisi Pile Cap Pada Dermaga



Gambar 6.54. Posisi Pile Cap Pada Trestle

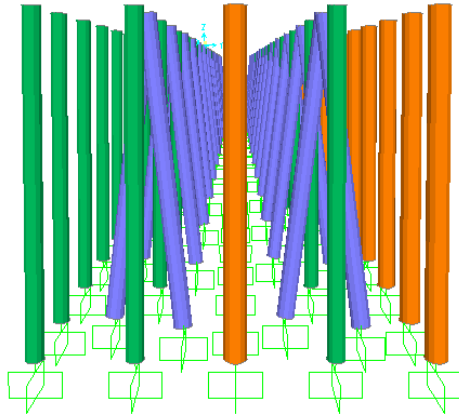
6.2.4. Permodelan Struktur Tiang Pancang

Analisis struktur tiang pancang dermaga dan trestle menggunakan program SAP2000 dengan model 3D untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga dan trestle.

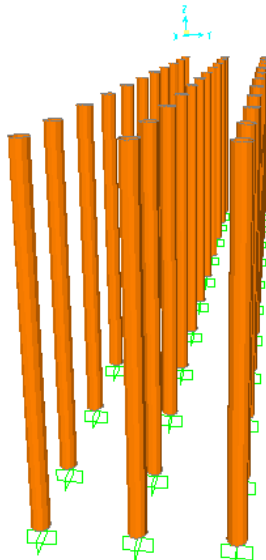
Dalam proyek akhir ini direncanakan menggunakan 2 jenis tiang pancang untuk dermaga dan 1 jenis tiang pancang untuk trestle yang dibedakan berdasarkan dimensi tiang pancang dermaga dan trestle dapat dilihat pada tabel 6.4. untuk letak tiang pancang pada dermaga dapat dilihat pada gambar 6.57. dan gambar 6.58 letak tiang pancang pada trestle

Tabel 6.4. Tipe dan Jenis Tiang Pancang

No.	Tipe Balok	Posisi	Diameter (cm)	Tebal (cm)
1	TP1	Dermaga	90	1,25
2	TP2	Dermaga	80	1,25
3	TP3	Dermaga	75	1,25
4	TP4	Trestle	60	1,25



Gambar 6.55. Posisi Tiang Pancang Pada Dermaga



Gambar 6.56. Posisi Tiang Pancang Pada Trestle

6.2.5. Output Permodelan Struktur

Gaya-gaya yang diperoleh dari hasil analisis struktur dengan menggunakan software SAP2000 yaitu berupa :

- Output momen, gaya geser, dan torsi
- Output displacement, reaction and applied loads

6.3. Penulangan dan Kontrol Pelat Dermaga dan Trestle

Penulangan Plat dermaga meliputi penulangan plat tipe 1 (P1) hingga plat tipe 6 (P6). Sedangkan control plat dermaga meliputi control retak dan control geser pons.

6.3.1. Penulangan Pelat Dermaga

Penulangan plat dermaga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.39 hingga 2.47. berikut ini adalah perhitungan plat tipe 6 (P6) pada dermaga.

Dari hasil perhitungan BAB V pasal 5.2.1 beban mati yang terletak pada plat dermaga sebesar 0,875 Ton/m². Sedangkan beban hidup sebesar 3 Ton/m².

$$q = 1,3 \text{ DL} + 2 \text{ LL}$$

$$q = 1,3 (875 \text{ Kg/m}^2) + 2(3.000 \text{ Kg/m}^2)$$

$$q = 7.136,7 \text{ Kg/m}^2$$

diketahui plat tipe 6 (P2) sebagai berikut:

$$I_x = 5,25 \text{ m}$$

$$I_y = 6 \text{ m}$$

$$\frac{I_y}{I_x} = \frac{6}{5,25}$$

$$\frac{I_y}{I_x} = 1,14 \text{ maka berdasarkan tabel 2.9}$$

$$X_{Lx} = 28$$

$$X_{Ly} = 20$$

$$X_{Tx} = 64$$

$$X_{Ty} = 56$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} M_{Lx} &= 0.001 \cdot q \cdot I_x^2 \cdot X \\ M_{Lx} &= 0.001 \cdot 7.136,7 \cdot (5,25)^2 \cdot 28 \\ M_{Lx} &= 5.507,748 \text{ Kg.m} \\ M_{Lx} &= 55.077.480 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Ly} &= 0.001 \cdot q \cdot I_y^2 \cdot X \\ M_{Ly} &= 0.001 \cdot 7.136,7 \cdot (5,25)^2 \cdot 20 \\ M_{Ly} &= 3934,106 \text{ Kg.m} \\ M_{Ly} &= 39.341.060 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Tx} &= -0.001 \cdot q \cdot I_x^2 \cdot X \\ M_{Tx} &= -0.001 \cdot 7.136,7 \cdot (5,25)^2 \cdot 64 \\ M_{Tx} &= 12.589,138 \text{ Kg.m} \\ M_{Tx} &= 125.891.380 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Ty} &= 0.001 \cdot q \cdot I_y^2 \cdot X \\ M_{Ty} &= 0.001 \cdot 7.136,7 \cdot (5,25)^2 \cdot 56 \\ M_{Ty} &= 11.015,496 \text{ Kg.m} \\ M_{Ty} &= 110.154.964 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Kemudian perhitungan kebutuhan tulangan baik tumpuan maupun lapangan arah X dan Y bisa dihitung menggunakan persamaaan 2.43 hingga persamaan 2.52 yaitu sebagai berikut.

a. Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah Y

Diketahui :

f_c'	= 30 Mpa	t_d	= 90 mm
t	= 350 mm	B_j	= 2500 kg/m ³
F_y	= 390 Mpa	ϕ	= 0,8
\emptyset	= 16 mm	βI	= 0,85
y	= 6.000 mm	x	= 5.250 mm

maka:

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{110.154.964}{0,8}$$

$$M_n = 137.963.705 \text{ N.mm}$$

$$D_y = 350 - 90 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm}\right)$$

$$D_y = 252 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{137.963.964 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (252 \text{ mm})^2}$$

$$R_n = 2,17 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}$$

$$m = 15,29$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{390}$$

$$\rho_{\min} = 0,003589744$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,29} \cdot 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,29 \cdot 2,17 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00588$$

$$\rho_{\max} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \cdot \frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_{\max} = 0,03368$$

$$\rho_b = 0,75 \cdot 0,03368$$

$$\rho_b = 0,025$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00588$$

$$A_{s\text{perlu}} = 0,00588 \times 1000 \text{ mm} \times 252 \text{ mm}$$

$$A_{\text{perlu}} = 1483.32 \text{ mm}^2$$

Direncanakan pelat P6 menggunakan tulangan D16-100, sehingga :

$$A_{\text{pakai}} = \frac{1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \cdot \pi \cdot (8 \text{ mm})^2$$

$$A_{\text{pakai}} = 2.011 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{perlu}} < A_{\text{pakai}}$$

$$1483.32 \text{ mm}^2 < 2.011 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

Cek kemampuan nominal

$$T = 2.011 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 784.141,53 \text{ N}$$

$$a = \frac{784.141,53 \text{ N}}{0,85 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 30 \text{ N/mm}^2}$$

$$a = 30,75 \text{ mm}^2$$

$$M_a = 16 \text{ mm} \cdot 784.141,53 \text{ N} \cdot 252 \text{ mm} \cdot \frac{30,75 \text{ mm}}{2}$$

$$M_a = 4.861.050.173 \text{ N.mm}$$

$$110.154.964 \text{ N.mm} < 4.861.050.173 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})$$

b. Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah X

Diketahui :

$$F_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$t_d = 90 \text{ mm}$$

$$t = 350 \text{ mm}$$

$$B_j = 2500 \text{ kg/m}^3$$

$$F_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\emptyset = 16 \text{ mm}$$

$$\beta_I = 0,85$$

$$y = 6.000 \text{ mm}$$

$$x = 5.250 \text{ mm}$$

maka:

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{125.891.380}{0,8}$$

$$M_n = 157.364.225 \text{ N.mm}$$

$$D_x = 350 - 90 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm}\right)$$

$$D_x = 252 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{157.364.225 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (252 \text{ mm})^2}$$

$$R_n = 2,5 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}$$

$$m = 15,29$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{390}$$

$$\rho_{\min} = 0,003589744$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,29} \cdot 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,29 \cdot 2,5 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0067625$$

$$\rho_{\max} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \cdot \frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_{\max} = 0,03368$$

$$\rho_b = 0,75 \cdot 0,03368$$

$$\rho_b = 0,025$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0067625$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 0,0067625 \times 1000 \text{ mm} \times 252 \text{ mm}$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 1704,15 \text{ mm}^2$$

Direncanakan pelat P6 menggunakan tulangan D16-100, sehingga :

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \cdot \pi \cdot (8 \text{ mm})^2$$

$$A_{Spakai} = 2.011 \text{ mm}^2$$

$$A_{SPerlu} < A_{Spakai}$$

$$1704,15 \text{ mm}^2 < 2.011 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

Cek kemampuan nominal

$$T = 2.011 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 784.141,53 \text{ N}$$

$$a = \frac{784.141,53 \text{ N}}{0,85 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 30 \text{ N/mm}^2} \cdot$$

$$a = 30,75 \text{ mm}^2$$

$$Ma = 16 \text{ mm} \cdot 784.141,53 \text{ N} \cdot 252 \text{ mm} \cdot \frac{30,75 \text{ mm}}{2}$$

$$Ma = 4.861.050.173 \text{ N.mm}$$

$$123.891.380 \text{ N.mm} < 48.610.501.730 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})$$

c. Perhitungan Tulangan Lapangan Arah Y

Diketahui :

$$F_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$t_d = 90 \text{ mm}$$

$$t = 350 \text{ mm}$$

$$B_j = 2500 \text{ kg/m}^3$$

$$F_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\emptyset = 16 \text{ mm}$$

$$\beta_I = 0,85$$

$$y = 6.000 \text{ mm}$$

$$x = 5.250 \text{ mm}$$

maka:

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{39.341.060}{0,8}$$

$$M_n = 49.176.325 \text{ N.mm}$$

$$D_y = 350 - 90 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm} \right)$$

$$D_y = 252 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{49.176.325 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (252 \text{ mm})^2}$$

$$R_n = 0,77 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}$$

$$m = 15,29$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{390}$$

$$\rho_{\min} = 0,003589744$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,29} \cdot 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,29 \cdot 0,77 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00203$$

$$\rho_{\max} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \cdot \frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_{\max} = 0,03368$$

$$\rho_b = 0,75 \cdot 0,03368$$

$$\rho_b = 0,025$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00203$$

$$A_{\text{perlu}} = 0,00203 \times 1000 \text{ mm} \times 252 \text{ mm}$$

$$A_{\text{perlu}} = 511,56 \text{ mm}^2$$

Direncanakan pelat P6 menggunakan tulangan D16-200, sehingga :

$$A_{\text{pakai}} = \frac{1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \cdot \pi \cdot (8 \text{ mm})^2$$

$$A_{\text{pakai}} = 1.005 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{perlu}} < A_{\text{pakai}}$$

$$511,56 \text{ mm}^2 < 1.005 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

Cek kemampuan nominal

$$T = 1.005 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 391.950 \text{ N}$$

$$a = \frac{391.950 \text{ N}}{0,85 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 30 \text{ N/mm}^2}$$

$$a = 15,37 \text{ mm}^2$$

$$Ma = 16 \text{ mm} \cdot 391.950 \text{ N} \cdot 252 \text{ mm} \cdot \frac{15,37 \text{ mm}}{2}$$

$$Ma = 121.44.931.340 \text{ N.mm}$$

$$39.341.060 \text{ N.mm} < 12.144.931.340 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})$$

d. Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah X

Diketahui :

$$F_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$t_d = 90 \text{ mm}$$

$$t = 350 \text{ mm}$$

$$B_j = 2500 \text{ kg/m}^3$$

$$F_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\emptyset = 16 \text{ mm}$$

$$\beta_I = 0,85$$

$$y = 6.000 \text{ mm}$$

$$x = 5.250 \text{ mm}$$

maka:

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{55.077.480}{0,8}$$

$$M_n = 68.846.850 \text{ N.mm}$$

$$D_x = 350 - 90 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm} \right)$$

$$D_x = 252 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{68.846,85 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (252 \text{ mm})^2}$$

$$R_n = 1,08 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}$$

$$m = 15,29$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{390}$$

$$\rho_{\min} = 0,003589744$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,29} \cdot 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,29 \cdot 1,08 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}}}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,002877$$

$$\rho_{\max} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \cdot \frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_{\max} = 0,03368$$

$$\rho_b = 0,75 \cdot 0,03368$$

$$\rho_b = 0,025$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,002877$$

$$A_{\text{Sperlu}} = 0,002877 \times 1000 \text{ mm} \times 252 \text{ mm}$$

$$A_{\text{Sperlu}} = 725,179 \text{ mm}^2$$

Direncanakan pelat P6 menggunakan tulangan D16-200, sehingga :

$$A_{\text{SPakai}} = \frac{1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \cdot \pi \cdot (8 \text{ mm})^2$$

$$A_{\text{SPakai}} = 1.005 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{Sperlu}} < A_{\text{SPakai}}$$

$$725,179 \text{ mm}^2 < 1.005 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

Cek kemampuan nominal

$$T = 1.005 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 391.950 \text{ N}$$

$$a = \frac{391.950 \text{ N}}{0,85 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 30 \text{ N/mm}^2}$$

$$a = 15,37 \text{ mm}^2$$

$$M_a = 16 \text{ mm} \cdot 391.950 \text{ N} \cdot 252 \text{ mm} \cdot \frac{15,37 \text{ mm}}{2}$$

$$Ma = 12.144.931.340 \text{ N.mm}$$

$$55.077.480 \text{ N.mm} < 12.144.931.340 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})$$

Untuk hasil perhitungan jumlah kebutuhan tulangan pelat dermaga dapat dilihat pada tabel 6.4.

Tabel 6.5. Kebutuhan Tulangan Pelat Dermaga

No.	Tipe Plat	Dimensi (mm)			Momen	Tulangan	
		x (mm)	y (mm)	t (mm)		D (mm)	S (mm)
1	P1	1000	6250	350	Mtx	D 16	100
					Mty	D 16	100
					MLx	D 16	200
					Mly	D 16	200
2	P2	1000	5000	350	Mtx	D 16	100
					Mty	D 16	100
					MLx	D 16	200
					Mly	D 16	200
3	P3	1000	6000	350	Mtx	D 16	100
					Mty	D 16	100
					MLx	D 16	200
					Mly	D 16	200
4	P4	1000	5250	350	Mtx	D 16	100
					Mty	D 16	100
					MLx	D 16	200
					Mly	D 16	200
5	P5	5000	5250	350	Mtx	D 16	100
					Mty	D 16	100
					MLx	D 16	200
					Mly	D 16	200
6	P6	5250	6000	350	Mtx	D 16	100
					Mty	D 16	100
					MLx	D 16	200
					Mly	D 16	200

6.3.2. Kontrol Pelat Dermaga

Ada 2 macam kontrol pada plat dermaga yaitu control retak plat dermaga dan control geser pons plat dermaga, yaitu sebagai berikut.

a. Kontrol Retak Pelat Dermaga

Berdasarkan BMS pasal 5.3.1 poin b, retakan pada plat yang terlentur bisa dianggap terkendali bila jarak antar titik berat tulangan dalam tiap arah tidak melebihi nilai lebih kecil dari D atau 300 mm. Artinya yaitu tulangan yang berdiameter kurang dari setengah diameter tulangan terbesar pada penampang harus diabaikan. Dimana D adalah tinggi seluruh penampang dalam bidang terlentur.

Untuk hasil kontrolnya pada dermaga dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6.6. Kontrol Retak Plat Dermaga

No.	Tipe Plat	Ma	Mu	Ma	Kontrol	
					Ma > Mu	S < 300
1	P1	Mtx	3.925.185	48.610.501.730	Ok	Ok
		Mty	4.282.020	48.610.501.730	Ok	Ok
		Mlx	1.498.707	12.144.931.340	Ok	Ok
		Mly	1.855.542	12.144.931.340	Ok	Ok
2	P2	Mtx	3.925.185	48.610.501.730	Ok	Ok
		Mty	4.282.020	48.610.501.730	Ok	Ok
		Mlx	1.498.707	12.144.931.340	Ok	Ok
		Mly	1.855.542	12.144.931.340	Ok	Ok
3	P3	Mtx	3.925.185	48.610.501.730	Ok	Ok
		Mty	4.282.020	48.610.501.730	Ok	Ok
		Mlx	1.498.707	12.144.931.340	Ok	Ok
		Mly	1.855.542	12.144.931.340	Ok	Ok
4	P4	Mtx	3.925.185	48.610.501.730	Ok	Ok

		Mty	4.282.020	48.610.501.730	Ok	Ok
		Mlx	1.498.707	12.144.931.340	Ok	Ok
		Mly	1.855.542	12.144.931.340	Ok	Ok
5	P5	Mtx	92.777.100	48.610.501.730	Ok	Ok
		Mty	92.777.100	48.610.501.730	Ok	Ok
		Mlx	37.467.675	12.144.931.340	Ok	Ok
		Mly	37.467.675	12.144.931.340	Ok	Ok
6	P6	Mtx	125.891.380	48.610.501.730	Ok	Ok
		Mty	110.154.964	48.610.501.730	Ok	Ok
		Mlx	55.077.480	12.144.931.340	Ok	Ok
		Mly	39.341.060	12.144.931.340	Ok	Ok

b. Kontrol Geser PonsDermaga

Kontrol geser pons berfungsi mengontrol apakah plat dermaga perlu ditambahkan ketebalannya atau sudah cukup dengan ketebalan 350 mm. Perhitungannya yaitu sebagai berikut :

Luas bidang geser pons (A) :

$$\begin{aligned} b_0 &= 500 \text{ mm} & d_3 &= 350 \text{ mm} \\ d_0 &= 200 \text{ mm} & f_c' &= 30 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{ult} &= 2 \cdot 100 \text{ kN} \cdot (1+0,3) \\ &= 260 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= 2 \cdot (350+500) + (350+200) \cdot 350 \text{ mm} \\ A &= 1.190.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_{uc} = \left(1 + \frac{2}{2,5}\right) \cdot \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \cdot 1.190.000 = 1.955.369,53 \text{ N}$$

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{30}}{3}\right) \cdot 1.190.000 = 2.172.632 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_{uc} &< V_c \\ 1.955.369,53 \text{ N} &< 2.172.632 \text{ N (pakai yang terkecil)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &< V_{uc} \\ 260 \text{ kN} &< 1.955 \text{ kN} \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$

6.3.3. Penulangan Plat Trestle

Penulangan plat trestle dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.39 hingga 2.47. berikut ini adalah perhitungan plat tipe 11 (P11) pada dermaga.

Dari hasil perhitungan BAB V pasal 5.2.2 beban mati yang terletak pada plat dermaga sebesar 0,75 Ton/m². Sedangkan beban hidup sebesar 0,489 Ton/m².

$$q = 1,3 \text{ DL} + 2 \text{ LL}$$

$$q = 1,3 (750 \text{ Kg/m}^2) + 2(489 \text{ Kg/m}^2)$$

$$q = 1.953 \text{ Kg/m}^2$$

diketahui plat tipe 6 (P2) sebagai berikut:

$$I_x = 4 \text{ m}$$

$$I_y = 5 \text{ m}$$

$$\frac{I_y}{I_x} = \frac{5}{4}$$

$$\frac{I_x}{I_y} = 1,25 \text{ maka berdasarkan tabel 2.9}$$

$$X_{Lx} = 31$$

$$X_{Ly} = 19$$

$$X_{Tx} = 69$$

$$X_{Ty} = 57$$

Sehingga :

$$M_{Lx} = 0.001 \cdot q \cdot I_x^2 \cdot X$$

$$M_{Lx} = 0.001 \cdot 1.953 \cdot (4)^2 \cdot 31$$

$$M_{Lx} = 968,688 \text{ Kg.m}$$

$$M_{Lx} = 9.686.880 \text{ N.mm}$$

$$M_{Ly} = 0.001 \cdot q \cdot I_y^2 \cdot X$$

$$M_{Ly} = 0.001 \cdot 1.953 \cdot (4)^2 \cdot 19$$

$$M_{Ly} = 593,712 \text{ Kg.m}$$

$$M_{Ly} = 5.937.120 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
M_{Tx} &= -0.001 \cdot q \cdot I_x^2 \cdot X \\
M_{Tx} &= -0.001 \cdot 1.953 \cdot (4)^2 \cdot 69 \\
M_{Tx} &= 2156,112 \text{ Kg.m} \\
M_{Tx} &= 21.561.120 \text{ N.mm} \\
M_{Ty} &= 0.001 \cdot q \cdot I_x^2 \cdot X \\
M_{Ty} &= 0.001 \cdot 7.136,7 \cdot (5,25)^2 \cdot 567 \\
M_{Ty} &= 1781,136 \text{ Kg.m} \\
M_{Ty} &= 17.811.360 \text{ N.mm}
\end{aligned}$$

Kemudian perhitungan kebutuhan tulangan baik tumpuan maupun lapangan arah X dan Y bisa dihitung menggunakan persamaan 2.43 hingga persamaan 2.52 yaitu sebagai berikut.

a. Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah Y

Diketahui :

$$\begin{aligned}
F_c' &= 30 \text{ Mpa} & t_d &= 90 \text{ mm} \\
t &= 300 \text{ mm} & B_j &= 2500 \text{ kg/m}^3 \\
F_y &= 390 \text{ Mpa} & \phi &= 0,8 \\
\emptyset &= 13 \text{ mm} & \beta I &= 0,85 \\
y &= 5.000 \text{ mm} & x &= 4.000 \text{ mm}
\end{aligned}$$

maka:

$$\begin{aligned}
M_n &= \frac{Mu}{\phi} \\
M_n &= \frac{17.811.360}{0,8} \\
M_n &= 22.264.200 \text{ N.mm}
\end{aligned}$$

$$D_y = 300 - 90 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 13 \text{ mm} \right)$$

$$D_y = 203,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{22.264.200 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (203 \text{ mm})^2}$$

$$R_n = 0,545 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}} \\ m &= 15,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{390} \\ \rho_{\min} &= 0,003589744 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{15,29} \cdot 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,29 \cdot 0,545 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}}} \\ \rho_{\text{perlu}} &= 0,00143 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \cdot \frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}} \\ \rho_{\max} &= 0,03368 \end{aligned}$$

$$\rho_b = 0,75 \cdot 0,03368$$

$$\rho_b = 0,025$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00143$$

$$A_{\text{Sperlu}} = 0,00143 \times 1000 \text{ mm} \times 203 \text{ mm}$$

$$A_{\text{Sperlu}} = 290,64 \text{ mm}^2$$

Direncanakan pelat P11 menggunakan tulangan D13-100, sehingga :

$$\begin{aligned} A_{\text{Spakai}} &= \frac{1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \cdot \pi \cdot (6,5 \text{ mm})^2 \\ A_{\text{Spakai}} &= 1326,65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{\text{Sperlu}} < A_{\text{Spakai}}$$

$$290,64 \text{ mm}^2 < 1326,65 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

Cek kemampuan nominal

$$T = 1539 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 600.210 \text{ N}$$

$$a = \frac{600.210 \text{ N}}{0,85 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 30 \text{ N/mm}^2}$$

$$a = 23,53 \text{ mm}^2$$

$$M_a = 14 \text{ mm} \cdot 600.210 \text{ N} \cdot 203 \text{ mm} \cdot \frac{23,53 \text{ mm}}{2}$$

$$M_a = 20.075.221.750 \text{ N.mm}$$

$$17.811.360 \text{ N.mm} < 20.075.221.750 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})$$

b. Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah X

Diketahui :

$$F_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$t_d = 90 \text{ mm}$$

$$t = 300 \text{ mm}$$

$$B_j = 2500 \text{ kg/m}^3$$

$$F_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\emptyset = 14 \text{ mm}$$

$$\beta I = 0,85$$

$$y = 5.000 \text{ mm}$$

$$x = 4.000 \text{ mm}$$

maka:

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{17.811.360}{0,8}$$

$$M_n = 22.264.200 \text{ N.mm}$$

$$D_y = 300 - 90 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 14 \text{ mm} \right)$$

$$D_y = 203 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{22.264.200 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (203 \text{ mm})^2}$$

$$R_n = 0,545 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}$$

$$m = 15,29$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{390} \\ \rho_{\min} &= 0,003589744\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{15,29} \cdot 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,29 \cdot 0,545 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}}} \\ \rho_{\text{perlu}} &= 0,00143\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \cdot \frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}} \\ \rho_{\max} &= 0,03368\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= 0,75 \cdot 0,03368 \\ \rho_b &= 0,025\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{pakai}} &= 0,00143 \\ A_{\text{perlu}} &= 0,00143 \times 1000 \text{ mm} \times 203 \text{ mm} \\ A_{\text{perlu}} &= 290,64 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Direncanakan pelat P11 menggunakan tulangan D13-100, sehingga :

$$\begin{aligned}A_{\text{pakai}} &= \frac{1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \cdot \pi \cdot (6,5 \text{ mm})^2 \\ A_{\text{pakai}} &= 1326,65 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{\text{perlu}} &< A_{\text{pakai}} \\ 290,64 \text{ mm}^2 &< 1326,65 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})\end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned}T &= 1539 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2 \\ T &= 600.210 \text{ N} \\ a &= \frac{600.210 \text{ N}}{0,85 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 30 \text{ N/mm}^2} \\ a &= 23,53 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$M_a = 14 \text{ mm} \cdot 600.210 \text{ N} \cdot 203 \text{ mm} \cdot \frac{23,53 \text{ mm}}{2}$$

$$M_a = 20.075.221.750 \text{ N.mm}$$

$$17.811.360 \text{ N.mm} < 20.075.221.750 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})$$

c. Perhitungan Tulangan Lapangan Arah Y

Diketahui :

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$t_d = 90 \text{ mm}$$

$$t = 300 \text{ mm}$$

$$B_j = 2500 \text{ kg/m}^3$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\emptyset = 14 \text{ mm}$$

$$\beta I = 0,85$$

$$y = 5.000 \text{ mm}$$

$$x = 4.000 \text{ mm}$$

maka:

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{5.937.120}{0,8}$$

$$M_n = 7.421.400 \text{ N.mm}$$

$$D_y = 300 - 90 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 14 \text{ mm} \right)$$

$$D_y = 203 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{7.421.400 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (203 \text{ mm})^2}$$

$$R_n = 0,18 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}$$

$$m = 15,29$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{390}$$

$$\rho_{\min} = 0,003589744$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{15,29} \cdot 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,29 \cdot 0,18 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}}} \\
 \rho_{\text{perlu}} &= 0,00065 \\
 \rho_{\text{max}} &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \cdot \frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}} \\
 \rho_{\text{max}} &= 0,03368 \\
 \rho_b &= 0,75 \cdot 0,03368 \\
 \rho_b &= 0,025 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0,00065 \\
 A_{s\text{perlu}} &= 0,00065 \times 1000 \text{ mm} \times 203 \text{ mm} \\
 A_{s\text{perlu}} &= 132,766 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan pelat P6 menggunakan tulangan D13-200, sehingga :

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &= \frac{1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \cdot \pi \cdot (6,5 \text{ mm})^2 \\
 A_{s\text{pakai}} &= 663,325 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{perlu}} &< A_{s\text{pakai}} \\
 132,766 \text{ mm}^2 &< 663,325 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal

$$T = 770 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 330.330 \text{ N}$$

$$a = \frac{330.330 \text{ N}}{0,85 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 30 \text{ N/mm}^2}$$

$$a = 12,95 \text{ mm}^2$$

$$M_a = 14 \text{ mm} \cdot 330.330 \text{ N} \cdot 203 \text{ mm} \cdot \frac{12,95 \text{ mm}}{2}$$

$$M_a = 6.080.648.963 \text{ N.mm}$$

$$5.937.120 \text{ N.mm} < 6.080.648.963 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})$$

d. Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah X

Diketahui :

$$\begin{array}{ll} f_c' &= 30 \text{ Mpa} & t_d &= 90 \text{ mm} \\ t &= 300 \text{ mm} & B_j &= 2500 \text{ kg/m}^3 \\ f_y &= 390 \text{ Mpa} & \phi &= 0,8 \\ \emptyset &= 14 \text{ mm} & \beta I &= 0,85 \\ y &= 5.000 \text{ mm} & x &= 4.000 \text{ mm} \end{array}$$

maka:

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{Mu}{\phi} \\ M_n &= \frac{9.686.880}{0,8} \\ M_n &= 12.108.600 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_y &= 300 - 90 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 14 \text{ mm} \right) \\ D_y &= 203 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{12.108.600 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (203 \text{ mm})^2} \\ R_n &= 0,29 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}} \\ m &= 15,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{390} \\ \rho_{\min} &= 0,003589744 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{15,29} \cdot 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,29 \cdot 0,29 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}}} \\ \rho_{\text{perlu}} &= 0,000678 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \cdot \frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_{\max} = 0,03368$$

$$\rho_b = 0,75 \cdot 0,03368$$

$$\rho_b = 0,025$$

$$\rho_{\text{Pakai}} = 0,00078$$

$$A_{\text{Sperlu}} = 0,00078 \times 1000 \text{ mm} \times 203 \text{ mm}$$

$$A_{\text{Sperlu}} = 159,319 \text{ mm}^2$$

Direncanakan pelat P6 menggunakan tulangan D13-200, sehingga :

$$A_{\text{SPakai}} = \frac{1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \cdot \pi \cdot (6,5 \text{ mm})^2$$

$$A_{\text{SPakai}} = 663,325 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{Sperlu}} < A_{\text{SPakai}}$$

$$159,319 \text{ mm}^2 < 663,325 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

Cek kemampuan nominal

$$T = 770 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 330.330 \text{ N}$$

$$a = \frac{330.330 \text{ N}}{0,85 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 30 \text{ N/mm}^2}$$

$$a = 12,95 \text{ mm}^2$$

$$M_a = 14 \text{ mm} \cdot 330.330 \text{ N} \cdot 203 \text{ mm} \cdot \frac{12,95 \text{ mm}}{2}$$

$$M_a = 6.080.648.963 \text{ N.mm}$$

$$5.937.120 \text{ N.mm} < 6.080.648.963 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})$$

Untuk hasil perhitungan jumlah kebutuhan tulangan pelat dermaga dapat dilihat pada tabel 6.4.

Tabel 6.7. Kebutuhan Tulangan Pelat Trestle

No.	Tipe Plat	Dimensi (mm)			Momen	Tulangan	
		x (mm)	y (mm)	t (mm)		D (mm)	S (mm)
1	P7	1000	5000	300	Mtx	D 13	100
					Mty	D 13	100
					Mlx	D 13	200
					Mly	D 13	200
2	P8	1000	4000	300	Mtx	D 13	100
					Mty	D 13	100
					Mlx	D 13	200
					Mly	D 13	200
3	P9	1000	5000	300	Mtx	D 13	100
					Mty	D 13	100
					Mlx	D 13	200
					Mly	D 13	200
4	P10	4000	4000	300	Mtx	D 13	100
					Mty	D 13	100
					Mlx	D 13	200
					Mly	D 13	200
5	P11	4000	5000	300	Mtx	D 13	100
					Mty	D 13	100
					Mlx	D 13	200
					Mly	D 13	200
6	P12	1000	4000	300	Mtx	D 13	100
					Mty	D 13	100
					Mlx	D 13	200
					Mly	D 13	200

6.3.4. Kontrol Plat Trestle

Ada 2 macam control pada plat trestle yaitu control retak plat dermaga dan kontrol geser pons plat dermaga, yaitu sebagai berikut.

a. Kontrol Retak Plat Trestle

Berdasarkan BMS pasal 5.3.1 poin b, retakan pada plat yang terlentur bisa dianggap terkendali bila jarak antar titik berat tulangan dalam tiap arah tidak melebihi nilai lebih kecil dari D atau 300 mm. Artinya yaitu tulangan yang berdiameter kurang dari setengah diameter tulangan terbesar pada penampang harus diabaikan. Dimana D adalah tinggi seluruh penampang dalam bidang terlentur.

Untuk hasil kontrolnya pada dermaga dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6.8. Kontrol Retak Plat Trestle

No.	Tipe Plat	Ma	Mu	Ma	Kontrol	
					Ma > Mu	S < 300
1	P7	Mtx	1.074.150	20.075.221.750	Ok	Ok
		Mty	1.171.800	20.075.221.750	Ok	Ok
		MLx	410.130	6.080.648.963	Ok	Ok
		Mly	507.780	6.080.648.963	Ok	Ok
2	P8	Mtx	1.074.150	20.075.221.750	Ok	Ok
		Mty	1.171.800	20.075.221.750	Ok	Ok
		MLx	410.130	6.080.648.963	Ok	Ok
		Mly	507.780	6.080.648.963	Ok	Ok
3	P9	Mtx	1.074.150	20.075.221.750	Ok	Ok
		Mty	1.171.800	20.075.221.750	Ok	Ok
		MLx	410.130	6.080.648.963	Ok	Ok
		Mly	507.780	6.080.648.963	Ok	Ok
4	P10	Mtx	17.186.400	20.075.221.750	Ok	Ok
		Mty	18.748.800	20.075.221.750	Ok	Ok
		MLx	6.562.080	6.080.648.963	Ok	Ok
		Mly	8.124.480	6.080.648.963	Ok	Ok

5	P11	Mtx	21.561.120	20.075.221.750	Ok	Ok
		Mty	17.811.360	20.075.221.750	Ok	Ok
		Mlx	9.686.880	6.080.648.963	Ok	Ok
		Mly	5.937.120	6.080.648.963	Ok	Ok
6	P12	Mtx	1.074.150	20.075.221.750	Ok	Ok
		Mty	1.171.800	20.075.221.750	Ok	Ok
		Mlx	410.130	6.080.648.963	Ok	Ok
		Mly	507.780	6.080.648.963	Ok	Ok

b. Kontrol Geser Pons Trestle

Kontrol geser pons berfungsi mengontrol apakah plat dermaga perlu ditambahkan ketebalannya atau sudah cukup dengan ketebalan 350 mm. Perhitungannya yaitu sebagai berikut :

Luas bidang geser pons (A) :

$$\begin{aligned} b_0 &= 500 \text{ mm} & d_3 &= 350 \text{ mm} \\ d_0 &= 200 \text{ mm} & f_c' &= 30 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 2 \cdot 100 \text{ kN} \cdot (1+0,3) \\ &= 260 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= 2 \cdot (300+500) + (300+200) \cdot 300 \text{ mm} \\ A &= 960.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_{uc} = \left(1 + \frac{2}{2,5}\right) \cdot \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \cdot 960.000 = 1.577.440,966 \text{ N}$$

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{30}}{3}\right) \cdot 960.000 = 1.752.712,184 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_{uc} &< V_c \\ 1.577.440,966 \text{ N} &< 1.752.712,184 \text{ N (pakai yang terkecil)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &< V_{uc} \\ 260 \text{ kN} &< 1.577 \text{ kN} \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$

6.4. Penulangan Balok Crane Dermaga

Berikut ini akan diuraikan cara perhitungan kebutuhan tulangan lentur, tulangan geser maupun tulangan torsi pada balok crane (BD 1) dermaga dengan menggunakan persamaan 2.52 hingga 2.87. dari hasil output SAP2000 diperoleh output crane sepanjang 6m sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Mu_{Lap} &= -233.279.217,269 \text{ N.mm} \\ Mu_{Lap} &= 1.479.156.338,6 \text{ N.mm} \\ Mu_{Tum} &= -1.753.043.716,721 \text{ N.mm} \\ Mu_{Tum} &= 630.619.766,378 \text{ N.mm} \\ M22_{Lap} &= 176.577.461,1685 \text{ N.mm} \\ M22_{Tum} &= 731.593.938,103 \text{ N.mm} \\ T &= 236.793.038,0305 \text{ N/mm} \\ V2_{Lap} &= 713.232,261 \text{ N} \\ V2_{Tum} &= 984.668,173 \text{ N} \end{aligned}$$

6.4.1. Penulangan Torsi Balok Crane Dermaga

Diketahui data rencana sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Fc' &= 30 \text{ Mpa} & BJ &= 2.500 \text{ Kg/m}^3 \\ t_d &= 90 \text{ mm} & F_y &= 240 \text{ MPa} \\ b &= 1.200 \text{ mm} & \phi &= 0,75 \\ h &= 2.200 \text{ mm} & \phi_r &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned} T_u &= 236.793.038,0305 \text{ N/mm} \\ T_N &= \frac{236.793.038,0305 \text{ N/mm}}{0,75} \\ T_N &= 315.724.050,7 \text{ N/mm} \\ A_{CP} &= 1.200 \text{ mm} \cdot 2.200 \text{ mm} \\ A_{CP} &= 2.640.000 \text{ mm}^2 \\ P_{CP} &= 2 \cdot (1.200 \text{ mm} + 2.200 \text{ mm}) \\ P_{CP} &= 6.800 \text{ mm} \\ \phi \cdot \frac{\sqrt{30 \text{ N/mm}^2}}{12} \left(\frac{(2.640.000 \text{ mm}^2)^2}{6.800} \right) &= 350.864.626,4 \text{ N/mm} \\ 350.864.626,4 \text{ N/mm} &> 236.793.038,0305 \text{ N/mm} \\ \text{(Perlu Tulangan Torsi)} \end{aligned}$$

$$A_{OH} = \left[1.200 - \left((2.90) + \frac{16}{2} \right) \right] \cdot \left[2.200 - \left((2.90) + \frac{16}{2} \right) \right]$$

$$A_{OH} = 2.036.144 \text{ mm}^2$$

$$A_O = 2.036.144 \text{ mm}^2 \cdot 0,85$$

$$A_O = 1.730.722,4 \text{ mm}^2$$

$$d = 2.200 \text{ mm} - 90 \text{ mm} - \frac{29 \text{ mm}}{2} - 16 \text{ mm}$$

$$d = 2079,5 \text{ mm}$$

$$P_H = 2 \cdot \left[1.200 - \left((2.90) + \frac{16}{2} \right) \right] + \left[2.200 - \left((2.90) + \frac{16}{2} \right) \right]$$

$$P_H = 6.048 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 1200 \text{ mm} \cdot 2079,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 2.283.455,342 \text{ N}$$

$$\sqrt{\left(\frac{2.283.455,342}{1.200 \cdot 2.084,5} \right)^2 + \left(\frac{236.793.038,0305 \cdot 6.048}{1,7 \cdot 2.036.144^2} \right)^2} = 1,017$$

$$0,75 \cdot \frac{2.283.455,342}{1.200 \cdot 2.084,5} + \frac{2 \cdot \sqrt{30}}{3} = 3,72$$

$$1,017 < 3,72 \dots \text{(tidak perlu ganti penampang)}$$

Karena Balok Crane (BD1) memerlukan tulangan torsi, maka:

$$\frac{At}{s} = \frac{315.724.050,7}{2 \cdot 1.730.722,4 \cdot 390 \text{ MPa} \cdot \cot 45^\circ}$$

$$\frac{At}{s} = 0,233 \text{ mm}$$

$$A_I = 0,233 \cdot 6.048 \cdot \left(\frac{390 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \right) \cdot \cot^2 45$$

$$A_I = 1409,184 \text{ mm}^2$$

$$A_{I,min} = \frac{5 \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 2.640.000}{12 \cdot 390 \text{ MPa}} - (0,233) \cdot 6.048 \cdot \frac{390 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}}$$

$$A_{I,min} = 14.039,4 \text{ mm}^2$$

Karena $A_I < A_{I,min}$, maka dipakai $A_{I,min}$

Penyebaran torsi meliputi 4 tulangan, yaitu 2 tulangan lentur dan 1 tulangan geser dan 1 tulangan torsi, sehingga :

$$\frac{A_I}{4} = \frac{14.039,4 \text{ mm}^2}{4}$$

$$\frac{A_I}{4} = 3.509,85 \text{ mm}^2$$

As Perlu pada tulangan torsi juga dipengaruhi oleh M22. Berikut perhitungan tulangan lentur akibat M22 terhadap tulangan torsi.

$$M_n = \frac{731.593.938,103 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 914.492.422,6 \text{ N.mm}$$

$$d = 2084,5 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan lentur akibat M22 menggunakan 2-D29, sehingga:

$$A_s = \pi \cdot (29 \text{ mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 2$$

$$A_s = 1.321,04 \text{ mm}^2$$

$$T = 1.321,04 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa}$$

$$T = 515.205,49 \text{ N}$$

$$a = \frac{515.205,49 \text{ N}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1200 \text{ mm}}$$

$$a = 16,8 \text{ mm}$$

$$M_{n_t} = 515.205,49 \text{ N} \cdot 2084,5 \text{ mm} - \frac{16,8}{2}$$

$$M_{n_t} = 1.073.945.836 \text{ N.mm}$$

$$M_n < M_{nt}$$

$$914.492.422,6 < 1.073.945.836... \text{ (OK)}$$

Sehingga kebutuhan luasan torsi (A_{Iperlu}) yaitu sebagai berikut:

$$A_{Iperlu} = 2.3509,85 \text{ mm}^2 + 1.321,04 \text{ mm}^2$$

$$A_{Iperlu} = 8.340,74 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan torsi pada Balok Crane (BD1) menggunakan 14-D29, maka:

$$A_{Spakai} = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 14$$

$$A_{Spakai} = 9.242,559 \text{ mm}^2$$

$$A_{Spakai} > A_{Sperlu}$$

$$9.242,559 \text{ mm}^2 > 8.340,74 \text{ mm}^2 \dots \text{ (OK)}$$

6.4.2. Penulangan Lentur Balok Crane Dermaga

Diketahui data rencana sebagai berikut :

F_c'	= 30 Mpa	BJ	= 2.500 Kg/m ³
td	= 90 mm	F_y	= 240 MPa
b	= 1.200 mm	ϕ	= 0,8
h	= 2.200 mm	\emptyset	= 29 mm
L	= 6.000 mm	β	= 0,85
\emptyset	= 16 mm	n	= 17

Momen (M33) dari output SAP sebagai berikut :

$$Mu_{Lap} = -233.279.217,269 \text{ N.mm}$$

$$Mu_{Lap} = 1.479.156.338,6 \text{ N.mm}$$

$$Mu_{Tum} = -1.753.043.716,721 \text{ N.mm}$$

$$Mu_{Tum} = 630.619.766,378 \text{ N.mm}$$

a. Tulangan Tarik Tumpuan

$$M_n = \frac{630.619.766,378 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 788.274.707,9 \text{ N.mm}$$

$$d = 2.200\text{mm} - 90\text{mm} - \frac{29\text{mm}}{2} - 16\text{mm}$$

$$d = 2084,5 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 8$$

$$A_s = 5.281,48 \text{ mm}^2$$

$$T = 5.281,48 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa}$$

$$T = 2.059.777,2 \text{ N}$$

$$a = \frac{2.059.777,2}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1200 \text{ mm}}$$

$$a = 67,31\text{mm}$$

$$M_{n_t} = 2.059.777,2 \text{ N} \cdot 2084,5 \text{ mm} - \frac{67,31}{2}$$

$$M_{n_t} = 4.293.605.540 \text{ N.mm}$$

$$M_{n_t} > M_n$$

$$4.293.605.540 \text{ N.mm} > 788.274.707,9 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})$$

Berhubung tulangan tarik dipengaruhi torsi, maka:

$$A_{s_{\text{perlu}}} = A_s + \frac{A_t}{4}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 5.281,48 \text{ mm}^2 + 1.321,04 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 6.602,52 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan 12-D29 maka :

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 12$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 7.922,22 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$7.922,22 \text{ mm}^2 > 6.602,52 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan diatas, maka Balok Crane (BD 1) pada dermaga menggunakan tulangan tarik tumpuan 12-D29. Dengan jarak minimum $S > 40\text{mm}$, maka :

$$S = \frac{1.200\text{mm} - (2.9\text{mm}) - (2.16\text{mm}) - (12.29)}{12 - 1}$$

$$S = 73 \text{ mm}$$

$$73 \text{ mm} > 40 \text{ mm (dipasang 1 lapis)}$$

b. Tulangan Tarik Lapangan

$$M_n = \frac{1.479.156.338,6 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 1.848.945.423 \text{ N.mm}$$

$$d = 2.200\text{mm} - 90\text{mm} - \frac{29\text{mm}}{2} - 16\text{mm}$$

$$d = 2084,5 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 18$$

$$A_s = 11.883,33 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_{\min} = 0,003589744$$

$$A_{s_p} = 0,003589744 \cdot 1.200\text{mm} \cdot 2084,5\text{mm}$$

$$A_{s_p} = 8.979,385 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_p} < A_s$$

$$8.979,385 \text{ mm}^2 < 11.883,33 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

$$T = 11.883,33 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa}$$

$$T = 4.634.498,7 \text{ N}$$

$$a = \frac{4.634.498,7}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1200 \text{ mm}}$$

$$a = 151,454 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_t &= 4.634.498,7 \text{ N} \cdot 2084,5 \text{ mm} - \frac{151,454}{2} \\
 Mn_t &= 9.660.612.464 \text{ N.mm} \\
 Mn_t &> Mn \\
 9.660.612.464 \text{ N.mm} &> 1.848.945.423 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Berhubung tulangan tarik dipengaruhi torsi, maka:

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{perlu}} &= A_s + \frac{A_t}{4} \\
 A_{s\text{perlu}} &= 11.883,33 \text{ mm}^2 + 1.321,04 \text{ mm}^2 \\
 A_{s\text{perlu}} &= 13.204,37 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan 24-D29 maka :

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &= \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 24 \\
 A_{s\text{pakai}} &= 15.844,44 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &> A_{s\text{perlu}} \\
 15.844,44 \text{ mm}^2 &> 13.204,37 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan diatas, maka Balok Crane (BD 1) pada dermaga menggunakan tulangan tarik tumpuan 24-D29. Dengan jarak minimum $S > 40\text{mm}$, maka :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{1.200\text{mm} - (2.9\text{mm}) - (2.16\text{mm}) - (24.29)}{24 - 1} \\
 S &= 19,7 \text{ mm} \\
 19,7 \text{ mm} &> 40 \text{ mm (dipasang 2 lapis)}
 \end{aligned}$$

c. Tulangan Tekan Lapangan

$$M_n = \frac{-233.279.217,269 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 29.159.902,5 \text{ N.mm}$$

$$d = 2.200\text{mm} - 90\text{mm} - \frac{29\text{mm}}{2} - 16\text{mm}$$

$$d = 2084,5 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 8$$

$$A_s = 5.281,48 \text{ mm}^2$$

$$T = 5.281,48 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa}$$

$$T = 2.059.777,2 \text{ N}$$

$$a = \frac{2.059.777,2}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1200 \text{ mm}}$$

$$a = 67,31\text{mm}$$

$$M_{n_t} = 2.059.777,2 \text{ N} \cdot 2084,5 \text{ mm} - \frac{67,31}{2}$$

$$M_{n_t} = 4.293.605.540 \text{ N.mm}$$

$$M_{n_t} > M_n$$

$$4.293.605.540 \text{ N.mm} > 29.159.902,5 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})$$

Berhubung tulangan tarik dipengaruhi torsi, maka:

$$A_{s\text{perlu}} = A_s + \frac{A_t}{4}$$

$$A_{s\text{perlu}} = 5.281,48 \text{ mm}^2 + 1.321,04 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} = 6.602,52 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan 12-D29 maka :

$$A_{s\text{pakai}} = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 12$$

$$A_{s\text{pakai}} = 7.922,22 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}}$$

$$7.922,22 \text{ mm}^2 > 6.602,52 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan diatas, maka Balok Crane (BD 1) pada dermaga menggunakan tulangan tarik tumpuan 12-D29. Dengan jarak minimum $S > 40\text{mm}$, maka :

$$S = \frac{1.200\text{mm} - (2.9\text{mm}) - (2.16\text{mm}) - (12.29)}{12 - 1}$$

$$S = 73 \text{ mm}$$

$$73 \text{ mm} > 40 \text{ mm (dipasang 1 lapis)}$$

d. Tulangan Tekan Tumpuan

$$M_n = \frac{-1.753.043.716,721 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 2.191.304.645 \text{ N.mm}$$

$$d = 2.200\text{mm} - 90\text{mm} - \frac{29\text{mm}}{2} - 16\text{mm}$$

$$d = 2084,5 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 17$$

$$A_s = 11.223,145 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_{\min} = 0,003589744$$

$$A_{s_p} = 0,003589744 \cdot 1.200\text{mm} \cdot 2084,5\text{mm}$$

$$A_{s_p} = 8.979,385 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_p} < A_s$$

$$8.979,385 \text{ mm}^2 < 11.223,145 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

$$T = 11.223,145 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa}$$

$$T = 4.377.026,55 \text{ N}$$

$$a = \frac{4.377.026,55}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1200 \text{ mm}}$$

$$a = 143,040 \text{ mm}$$

$$Mn_t = 4.377.026,55 \text{ N} \cdot 2084,5 \text{ mm} - \frac{143,040}{2}$$

$$Mn_t = 9.123.910.625 \text{ N.mm}$$

$$Mn_t > Mn$$

$$9.123.910.625 \text{ N.mm} > 2.191.304.645 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})$$

Berhubung tulangan tarik dipengaruhi torsi, maka:

$$A_{s\text{perlu}} = A_s + \frac{A_t}{4}$$

$$A_{s\text{perlu}} = 11.883,33 \text{ mm}^2 + 1.321,04 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} = 13.204,37 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan 24-D29 maka :

$$A_{s\text{pakai}} = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 24$$

$$A_{s\text{pakai}} = 15.844,44 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}}$$

$$15.844,44 \text{ mm}^2 > 13.204,37 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan diatas, maka Balok Crane (BD 1) pada dermaga menggunakan tulangan tarik tumpuan 24-D29. Dengan jarak minimum $S > 40\text{mm}$, maka :

$$S = \frac{1.200\text{mm} - (2.9\text{mm}) - (2.16\text{mm}) - (24.29)}{24 - 1}$$

$$S = 19,7 \text{ mm}$$

$$19,7 \text{ mm} > 40 \text{ mm (dipasang 2 lapis)}$$

6.4.3. Penulangan Geser Balok Crane Dermaga

Diketahui data rencana sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll} F_c' &= 30 \text{ Mpa} & BJ &= 2.500 \text{ Kg/m}^3 \\ t_d &= 90 \text{ mm} & F_y &= 240 \text{ MPa} \\ b &= 1.200 \text{ mm} & \phi &= 0,75 \\ h &= 2.200 \text{ mm} & \emptyset &= 29 \text{ mm} \end{array}$$

Perhitungan tulangan geser pada Balok Crane dermaga berdasarkan pada BAB II persamaan 2.52 hingga 2.89 yaitu sebagai berikut :

a. Daerah Tumpuan

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 1200 \text{ mm} \cdot 2084,5 \text{ mm} \\ V_c &= 2.283.455,342 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 1200 \text{ mm} \cdot 2084,5 \text{ mm} \\ V_{S_{\min}} &= 4.566.910,684 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 1200 \text{ mm} \cdot 2084,5 \text{ mm} \\ V_{S_{\max}} &= 9.133.821,369 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Geser dalam kondisi 1

$$\begin{aligned} 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &= 0,5 \cdot 0,75 \cdot 2.283.455,342 \\ 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &= 856.295,7533 \text{ N} \\ V_u &= 984.668.172,5965 \\ V_u &> 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\ 984.668,173 \text{ N} &> 856.295,7533 \text{ N} \dots (\text{tidak OK}) \end{aligned}$$

Cek Geser dalam kondisi 2

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_c &= 0,75 \cdot 2.283.455,342 \\ \phi \cdot V_c &= 1.712.591,507 \text{ N} \\ V_u &= 984.668,173 \text{ N} \\ V_u &> \phi \cdot V_c \\ 984.668,173 \text{ N} &< 1.712.591,507 \text{ N} \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tulangan geser pada Balok Crane (BD1) daerah tumpuan diatas, maka yang memenuhi persyaratan yaitu kondisi 2, sehingga :

$$V_s = \frac{984.668,173 \text{ N} - (0,85 \cdot 2.283.455,342)}{0,85}$$

$$V_s = 1.125.022,198 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan sengkang Ø16 – 150, maka kontrolnya :

$$A_{v_{\text{pasang}}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \text{ mm} \cdot 2$$

$$A_{v_{\text{pasang}}} = 402 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{1.125.022,198}{390 \text{ MPa} \cdot 2084,5 \text{ mm}}$$

$$\frac{A_v}{s} = 1,38 \text{ mm}^2/\text{mm}/2 \text{ kaki}$$

$$\frac{A_{vt}}{s} = (2 \cdot 0,233) + 1,38$$

$$\frac{A_v}{s} = 1,846 \text{ mm}^2/\text{mm}/2 \text{ kaki}$$

$$S_{\text{perlu}} = \frac{402 \text{ mm}^2}{1,846 \text{ mm}}$$

$$S_{\text{perlu}} = 218,76 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < 218,76 \text{ mm} \dots (\text{OK})$$

b. Daerah Lapangan

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 1200 \text{ mm} \cdot 2084,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 2.283.455,342 \text{ N}$$

$$V_{s_{\text{min}}} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 1200 \text{ mm} \cdot 2084,5 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\text{min}}} = 4.566.910,684 \text{ N}$$

$$V_{s_{\text{max}}} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 1200 \text{ mm} \cdot 2084,5 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\text{max}}} = 9.133.821,369 \text{ N}$$

Cek Geser dalam kondisi 1

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 2.283.455,342$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 856.295,7533 \text{ N}$$

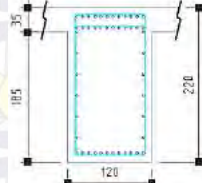
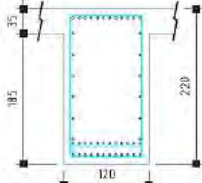
$$V_u = 713.232,261$$

$$V_u < 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$713.232,261 < 856.295,7533 \text{ N} \dots (\text{OK})$$

Menggunakan tulangan geser praktis Ø12-250

*Tabel 6.9. Resume Tulangan Balok Crane
BD1(120x220x600)*

Jenis Tulangan	Tumpuan		Lapangan	
	Ukuran	Gambar	Ukuran	Gambar
Lentur Tekan	24 D29		12D29	
Lentur Tarik	12 D29		24 D29	
Geser	Ø16-150		Ø16-250	
Torsi	12 D29		12 D29	

6.5. Penulangan Balok Dermaga

Berikut ini akan diuraikan cara perhitungan kebutuhan tulangan lentur, tulangan geser maupun tulangan torsi pada Balok Memanjang (BD 2) dermaga dengan menggunakan persamaan 2.52 hingga 2.89. dari hasil output SAP2000 diperoleh output crane sepanjang 6m sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Mu_{Lap} &= -1.689.955.477,875 \text{ N.mm} \\ Mu_{Lap} &= 1.821.275.249,293 \text{ N.mm} \\ Mu_{Tum} &= -3.685.521.964,022 \text{ N.mm} \\ Mu_{Tum} &= 2.418.382.946.759 \text{ N.mm} \\ M22_{Lap} &= 176.322.978,601 \text{ N.mm} \\ M22_{Tum} &= 181.107.447,003 \text{ N.mm} \\ T &= 278.598.983,1135 \text{ N/mm} \\ V2_{Lap} &= 1.294.462,501626 \text{ N} \\ V2_{Tum} &= 1.391.519,014742 \text{ N} \end{aligned}$$

6.5.1. Penulangan Torsi Balok Dermaga

Diketahui data rencana sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Fc' &= 30 \text{ Mpa} & BJ &= 2.500 \text{ Kg/m}^3 \\ t_d &= 90 \text{ mm} & F_y &= 240 \text{ MPa} \\ b &= 1.000 \text{ mm} & \phi &= 0,75 \\ h &= 1.800 \text{ mm} & \phi_r &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned} T_u &= 278.598.983,1135 \text{ N/mm} \\ T_N &= \frac{278.598.983,1135 \text{ N/mm}}{0,75} \\ T_N &= 371.465.310,8 \text{ N/mm} \\ A_{CP} &= 1.000 \text{ mm} \cdot 1.800 \text{ mm} \\ A_{CP} &= 1.800.000 \text{ mm}^2 \\ P_{CP} &= 2 \cdot (1.000 \text{ mm} + 1.800 \text{ mm}) \\ P_{CP} &= 5.600 \text{ mm} \\ \phi \cdot \frac{\sqrt{30 \text{ N/mm}^2}}{12} \left(\frac{(1.800.000 \text{ mm}^2)^2}{5600} \right) &= 198.060.388,9 \text{ N/mm} \\ 198.060.388,9 \text{ N/mm} &> 371.465,310,8 \text{ N/mm} \\ \text{(Perlu Tulangan Torsi)} \end{aligned}$$

$$A_{OH} = \left[1.000 - \left((2.90) + \frac{16}{2} \right) \right] \cdot \left[1.800 - \left((2.90) + \frac{16}{2} \right) \right]$$

$$A_{OH} = 1.308.944 \text{ mm}^2$$

$$A_O = 1.308.944 \text{ mm}^2 \cdot 0,85$$

$$A_O = 1.112.602,4 \text{ mm}^2$$

$$d = 1.800 \text{ mm} - 90 \text{ mm} - \frac{29 \text{ mm}}{2} - 16 \text{ mm}$$

$$d = 1679,5 \text{ mm}$$

$$P_H = 2 \cdot \left[1.000 - \left((2.90) + \frac{16}{2} \right) \right] + \left[1.800 - \left((2.90) + \frac{16}{2} \right) \right]$$

$$P_H = 3.048 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1679,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 1.533.166,726 \text{ N}$$

$$\sqrt{\left(\frac{1.533.166,726}{1.000 \cdot 1679,5} \right)^2 + \left(\frac{278.598.983,12 \cdot 3.048}{1,7 \cdot 1.308.944^2} \right)^2} = 0,958$$

$$0,75 \cdot \frac{1.533.166,726}{1.000 \cdot 1.679,5} + \frac{2 \cdot \sqrt{30}}{3} = 4,33$$

$0,958 < 4,33 \dots$ **(tidak perlu ganti penampang)**

Karena Balok Dermaga (BD2) memerlukan tulangan torsi, maka:

$$\frac{At}{s} = \frac{371.465.310,8}{2 \cdot 1.112.602,4 \cdot 390 \text{ MPa} \cdot \cot 45^\circ}$$

$$\frac{At}{s} = 0,428 \text{ mm}$$

$$A_I = 0,428 \cdot 3.048 \cdot \left(\frac{390 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \right) \cdot \cot^2 45$$

$$A_I = 1304,66 \text{ mm}^2$$

$$A_{I,\min} = \frac{5 \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 1.800.000}{12 \cdot 390 \text{ MPa}} - (0,428) \cdot 3.048 \cdot \frac{390 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}}$$

$$A_{I,\min} = 9.228,582 \text{ mm}^2$$

Karena $A_I < A_{I,\min}$, maka dipakai $A_{I,\min}$

Penyebaran torsi meliputi 4 tulangan, yaitu 2 tulangan lentur dan 1 tulangan geser dan 1 tulangan torsi, sehingga :

$$\frac{A_I}{4} = \frac{9.228,582 \text{ mm}^2}{4}$$

$$\frac{A_I}{4} = 2.307,1455 \text{ mm}^2$$

As Perlu pada tulangan torsi juga dipengaruhi oleh M22. Berikut perhitungan tulangan lentur akibat M22 terhadap tulangan torsi.

$$M_n = \frac{181.107.447,003 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 226.384.308,8 \text{ N.mm}$$

$$d = 1679,5 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan lentur akibat M22 menggunakan 2-D29, sehingga:

$$A_s = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 2$$

$$A_s = 1.321,04 \text{ mm}^2$$

$$T = 1.321,04 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa}$$

$$T = 515.205,49 \text{ N}$$

$$a = \frac{515.205,49 \text{ N}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1000 \text{ mm}}$$

$$a = 20,204 \text{ mm}$$

$$M_{n_t} = 515.205,49 \text{ N} \cdot 1679,5 \text{ mm} - \frac{20,204}{2}$$

$$M_{n_t} = 865.287.610,4 \text{ N.mm}$$

$$M_n < M_{nt}$$

$$226.384.308,8 < 865.287.610,4 \dots (\text{OK})$$

Sehingga kebutuhan luasan torsi (A_{Iperlu}) yaitu sebagai berikut:

$$A_{Iperlu} = 2 \cdot 2.307,1455 \text{ mm}^2 + 1.321,04 \text{ mm}^2$$

$$A_{Iperlu} = 5.935,331 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan torsi pada Balok Crane (BD1) menggunakan 12-D29, maka:

$$A_{Spakai} = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 10$$

$$A_{Spakai} = 6.601,85 \text{ mm}^2$$

$$A_{Spakai} > A_{Sperlu}$$

$$6.601,85 \text{ mm}^2 > 5.935,331 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

6.5.2. Penulangan Lentur Balok Dermaga

Diketahui data rencana sebagai berikut :

F_c'	= 30 Mpa	BJ	= 2.500 Kg/m ³
td	= 90 mm	F_y	= 390 MPa
b	= 1.000 mm	ϕ	= 0,8
h	= 1.800 mm	\emptyset	= 29 mm
L	= 6.000 mm	β	= 0,85
\emptyset	= 16 mm	n	= 17

Momen (M33) dari output SAP sebagai berikut :

$$Mu_{Lap} = -1.689.955.477,875 \text{ N.mm}$$

$$Mu_{Lap} = 1.821.275.249,293 \text{ N.mm}$$

$$Mu_{Tum} = -3.685.521.964,022 \text{ N.mm}$$

$$Mu_{Tum} = 2.418.382.946.759 \text{ N.mm}$$

a. Tulangan Tarik Tumpuan

$$M_n = \frac{2.418.382.946.759 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 3.022.978.683 \text{ N.mm}$$

$$d = 1.800\text{mm} - 90\text{mm} - \frac{29\text{mm}}{2} - 16\text{mm}$$

$$d = 1679,5 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 8$$

$$A_s = 5.281,48 \text{ mm}^2$$

$$T = 5.281,48 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa}$$

$$T = 2.059.777,2 \text{ N}$$

$$a = \frac{2.059.777,2}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1000 \text{ mm}}$$

$$a = 80,775\text{mm}$$

$$M_{n_t} = 2.059.777,2 \text{ N} \cdot 1679,5 \text{ mm} - \frac{80,775}{2}$$

$$M_{n_t} = 3.459.395.767 \text{ N.mm}$$

$$M_{n_t} > M_n$$

$$3.459.395.767 \text{ N.mm} > 788.274.707,9 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})$$

Berhubung tulangan tarik dipengaruhi torsi, maka:

$$A_{s\text{perlu}} = A_s + \frac{A_t}{4}$$

$$A_{s\text{perlu}} = 5.281,48 \text{ mm}^2 + 2.307,1455 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} = 7.588,6255 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan 14-D29 maka :

$$A_{s\text{pakai}} = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 14$$

$$A_{s\text{pakai}} = 9.242,59 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}}$$

$$9.242,59 \text{ mm}^2 > 7.588,6255 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan diatas, maka Balok Crane (BD 1) pada dermaga menggunakan tulangan tarik tumpuan 12-D29. Dengan jarak minimum $S > 40\text{mm}$, maka :

$$S = \frac{1.000\text{mm} - (2.9\text{mm}) - (2.16\text{mm}) - (14.29)}{14 - 1}$$

$$S = 41,8 \text{ mm}$$

$$41,8 \text{ mm} > 40 \text{ mm (dipasang 1 lapis)}$$

b. Tulangan Tarik Lapangan

$$M_n = \frac{1.821.275.249,293 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 2.276.594.061 \text{ N.mm}$$

$$d = 1.800\text{mm} - 90\text{mm} - \frac{29\text{mm}}{2} - 16\text{mm}$$

$$d = 1679,5 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 18$$

$$A_s = \frac{11.883,33 \text{ mm}^2}{1,4}$$

$$\rho_{\min} = \frac{390 \text{ MPa}}{1,4}$$

$$\rho_{\min} = 0,003589744$$

$$A_{s_p} = 0,003589744 \cdot 1.000\text{mm} \cdot 1679,5 \text{ mm}$$

$$A_{s_p} = 6.028,975 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_p} < A_s$$

$$6.028,975 \text{ mm}^2 < 11.883,33 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

$$T = 11.883,33 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa}$$

$$T = 4.634.498,7 \text{ N}$$

$$a = \frac{4.634.498,7}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1000 \text{ mm}}$$

$$a = 181,745 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_t &= 4.634.498,7 \text{ N} \cdot 1679,5 \text{ mm} - \frac{181,745}{2} \\
 Mn_t &= 7.783.640.476 \text{ N.mm} \\
 Mn_t &> Mn \\
 7.783.640.476 \text{ N.mm} &> 2.276.594.061 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Berhubung tulangan tarik dipengaruhi torsi, maka:

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{perlu}} &= A_s + \frac{A_t}{4} \\
 A_{s\text{perlu}} &= 11.883,33 \text{ mm}^2 + 2.307,1455 \text{ mm}^2 \\
 A_{s\text{perlu}} &= 14.190,4755 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan 24-D29 maka :

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &= \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 22 \\
 A_{s\text{pakai}} &= 14.524,07 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &> A_{s\text{perlu}} \\
 14.524,07 \text{ mm}^2 &> 14.190,4755 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan diatas, maka Balok Crane (BD 1) pada dermaga menggunakan tulangan tarik tumpuan 22-D29. Dengan jarak minimum $S > 40\text{mm}$, maka :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{1.000\text{mm} - (2.9\text{mm}) - (2.16\text{mm}) - (22.29)}{22 - 1} \\
 S &= 14,8 \text{ mm} \\
 14,8 \text{ mm} &> 40 \text{ mm (dipasang 2 lapis)}
 \end{aligned}$$

c. Tulangan Tekan Lapangan

$$M_n = \frac{-1.689.955.477,875 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 2.112.444.346 \text{ N.mm}$$

$$d = 1.800\text{mm} - 90\text{mm} - \frac{29\text{mm}}{2} - 16\text{mm}$$

$$d = 1679,5 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 8$$

$$A_s = 5.281,48 \text{ mm}^2$$

$$T = 5.281,48 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa}$$

$$T = 2.059.777,2 \text{ N}$$

$$a = \frac{2.059.777,2}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1000 \text{ mm}}$$

$$a = 80,775 \text{ mm}$$

$$M_{n_t} = 2.059.777,2 \text{ N} \cdot 1679,5 \text{ mm} - \frac{80,775}{2}$$

$$M_{n_t} = 3.459.395.767 \text{ N.mm}$$

$$M_{n_t} > M_n$$

$$3.459.395.767 \text{ N.mm} > 2.112.444.346 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})$$

Berhubung tulangan tarik dipengaruhi torsi, maka:

$$A_{s_{\text{perlu}}} = A_s + \frac{A_t}{4}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 5.281,48 \text{ mm}^2 + 2.307,1455 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 7.588,6255 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan 14-D29 maka :

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 14$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 9.242,59 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$9.242,59 \text{ mm}^2 > 7.588,6255 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan diatas, maka Balok Crane (BD 1) pada dermaga menggunakan tulangan tarik tumpuan 12-D29. Dengan jarak minimum $S > 40\text{mm}$, maka :

$$S = \frac{1.000\text{mm} - (2.9\text{mm}) - (2.16\text{mm}) - (14.29)}{14 - 1}$$

$$S = 41,8 \text{ mm}$$

$$41,8 \text{ mm} > 40 \text{ mm (dipasang 1 lapis)}$$

d. Tulangan Tekan Tumpuan

$$M_n = \frac{-3.685.521.964,022\text{N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 4.606.902.455 \text{ N.mm}$$

$$d = 1.800\text{mm} - 90\text{mm} - \frac{29\text{mm}}{2} - 16\text{mm}$$

$$d = 1679,5 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 18$$

$$A_s = \frac{11.883,33 \text{ mm}^2}{1,4}$$

$$\rho_{\min} = \frac{390 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_{\min} = 0,003589744$$

$$A_{s_p} = 0,003589744 \cdot 1.000\text{mm} \cdot 1679,5 \text{ mm}$$

$$A_{s_p} = 6.028,975 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_p} < A_s$$

$$6.028,975 \text{ mm}^2 < 11.883,33 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

$$T = 11.883,33 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa}$$

$$T = 4.634.498,7 \text{ N}$$

$$a = \frac{4.634.498,7}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1000 \text{ mm}}$$

$$a = 181,745 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_t &= 4.634.498,7 \text{ N} \cdot 1679,5 \text{ mm} - \frac{181,745}{2} \\
 Mn_t &= 7.783.640.476 \text{ N.mm} \\
 Mn_t &> Mn \\
 7.783.640.476 \text{ N.mm} &> 4.606.902.455 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Berhubung tulangan tarik dipengaruhi torsi, maka:

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{perlu}} &= A_s + \frac{A_t}{4} \\
 A_{s\text{perlu}} &= 11.883,33 \text{ mm}^2 + 2.307,1455 \text{ mm}^2 \\
 A_{s\text{perlu}} &= 14.190,4755 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan 24-D29 maka :

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &= \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 22 \\
 A_{s\text{pakai}} &= 14.524,07 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &> A_{s\text{perlu}} \\
 14.524,07 \text{ mm}^2 &> 14.190,4755 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan diatas, maka Balok Crane (BD 1) pada dermaga menggunakan tulangan tarik tumpuan 22-D29. Dengan jarak minimum $S > 40\text{mm}$, maka :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{1.000\text{mm} - (2.9\text{mm}) - (2.16\text{mm}) - (22.29)}{22 - 1} \\
 S &= 14,8 \text{ mm} \\
 14,8 \text{ mm} &> 40 \text{ mm} \text{ (dipasang 2 lapis)}
 \end{aligned}$$

6.5.3. Penulangan Geser Balok Dermaga

Diketahui data rencana sebagai berikut :

F_c'	= 30 Mpa	BJ	= 2.500 Kg/m ³
t_d	= 90 mm	F_y	= 240 MPa
b	= 1.000 mm	ϕ	= 0,75
h	= 1.800 mm	\emptyset	= 29 mm

Perhitungan tulangan geser pada Balok Memanjang Dermaga berdasarkan pada BAB II persamaan 2.52 hingga 2.89 yaitu sebagai berikut :

a. Daerah Tumpuan

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1679,5 \text{ mm}$$
$$V_c = 1.533.166,726 \text{ N}$$

$$V_{S_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1679,5 \text{ mm}$$
$$V_{S_{\min}} = 3.066.333,451 \text{ N}$$

$$V_{S_{\max}} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1679,5 \text{ mm}$$
$$V_{S_{\max}} = 9.199.000,353 \text{ N}$$

Cek Geser dalam kondisi 1

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 1.533.166,726 \text{ N}$$
$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 574.937,5223 \text{ N}$$
$$V_u = 1.391.519,014742 \text{ N}$$
$$V_u > 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$
$$1.391.519,014742 \text{ N} > 574.937,5223 \text{ N} \dots (\text{tidak OK})$$

Cek Geser dalam kondisi 2

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 1.533.166,726 \text{ N}$$
$$\phi \cdot V_c = 1.149.875,045 \text{ N}$$
$$V_u = 1.391.519,014742 \text{ N}$$
$$V_u > \phi \cdot V_c$$
$$1.391.519,014742 \text{ N} > 1.149.875,045 \text{ N} \dots (\text{tidak OK})$$

Cek Geser dalam kondisi 3

$$\begin{aligned}\phi \cdot (V_c + V_{Smin}) &= 0,75 \cdot (1.533.166,7 + 3.066.333,4) \\ \phi \cdot V_c &= 3.449.625,133 \text{ N} \\ V_u &= 1.391.519,014742 \text{ N} \\ V_u &> \phi \cdot V_c \\ 1.391.519,014742 \text{ N} &< 3.449.625,133 \text{ N} \dots (\text{OK})\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tulangan geser pada Balok Crane (BD1) daerah tumpuan diatas, maka yang memenuhi persyaratan yaitu kondisi 2, sehingga :

$$V_s = \frac{1.391.519,014742 \text{ N} - (0,85 \cdot 1.533.166,726)}{0,85}$$

$$V_s = 103.914,4669 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan sengkang Ø16 – 100, maka kontrolnya :

$$A_{v_{pasang}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \text{ mm} \cdot 2$$

$$A_{v_{pasang}} = 402 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{103.914,4669}{390 \text{ MPa} \cdot 1679,5 \text{ mm}}$$

$$\frac{A_v}{s} = 0,158 \text{ mm}^2/\text{mm}/2 \text{ kaki}$$

$$\frac{s}{A_{vt}} = (2 \cdot 0,428) + 0,158$$

$$\frac{A_v}{s} = 1,014 \text{ mm}^2/\text{mm}/2 \text{ kaki}$$

$$S_{\text{perlu}} = \frac{402 \text{ mm}^2}{1,014 \text{ mm}}$$

$$S_{\text{perlu}} = 396,449 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < 429,946 \text{ mm} \dots (\text{OK})$$

b. Daerah Lapangan

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1679,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 1.533.166,726 \text{ N}$$

$$V_{Smin} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1679,5 \text{ mm}$$

$$V_{Smin} = 3.066.333,451 \text{ N}$$

$$V_{Smax} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1679,5 \text{ mm}$$

$$V_{Smax} = 9.199.000,353 \text{ N}$$

Cek Geser dalam kondisi 1

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 1.533.166,726 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 574.937,5223 \text{ N}$$

$$V_u = 1.294.462,501626 \text{ N}$$

$$V_u > 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$1.294.462,501626 \text{ N} > 574.937,5223 \text{ N} \dots (\text{tidak OK})$$

Cek Geser dalam kondisi 2

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 1.533.166,726 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 1.149.875,045 \text{ N}$$

$$V_u = 1.294.462,501626 \text{ N}$$

$$V_u > \phi \cdot V_c$$

$$1.294.462,501626 \text{ N} > 1.149.875,045 \text{ N} \dots (\text{tidak OK})$$

Cek Geser dalam kondisi 3

$$\phi \cdot (V_c + V_{Smin}) = 0,75 \cdot (1.533.166,7 + 3.066.333,4)$$

$$\phi \cdot V_c = 3.449.625,133 \text{ N}$$

$$V_u = 1.294.462,501626 \text{ N}$$

$$V_u > \phi \cdot V_c$$

$$1.294.462,501626 \text{ N} < 3.449.625,133 \text{ N} \dots (\text{OK})$$

Berdasarkan perhitungan tulangan geser pada Balok Crane (BD1) daerah tumpuan diatas, maka yang memenuhi persyaratan yaitu kondisi 2, sehingga :

$$V_s = \frac{1.294.462,501626 \text{ N} - (0,85 \cdot 1.533.166,726)}{0,85}$$

$$V_s = 8.729,216 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan sengkang Ø16 – 100, maka kontrolnya :

$$A_{v_{pasang}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \text{ mm} \cdot 2$$

$$A_{v_{pasang}} = 402 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{8.729,216}{390 \text{ MPa} \cdot 1679,5 \text{ mm}}$$

$$= 0,0133 \text{ mm}^2/\text{mm}/2 \text{ kaki}$$

$$\frac{A_{vt}}{s} = (2 \cdot 0,428) + 0,0133$$

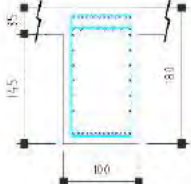
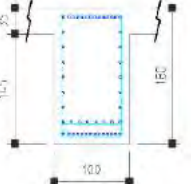
$$\frac{s}{A_v} = 0,87 \text{ mm}^2/\text{mm}/2 \text{ kaki}$$

$$S_{\text{perlu}} = \frac{402 \text{ mm}^2}{0,87}$$

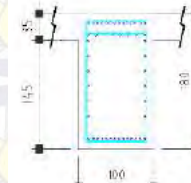
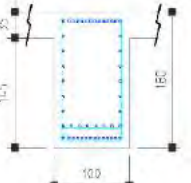
$$S_{\text{perlu}} = 462,068 \text{ mm}$$

$$250 \text{ mm} < 462,068 \text{ mm} \dots (\text{OK})$$

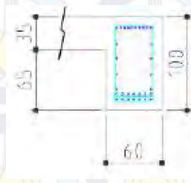
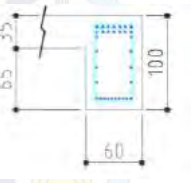
*Tabel 6.10. Resume Tulangan Balok Melintang Dermaga
BD2(120x220x525)*

Jenis Tulangan	Tumpuan		Lapangan	
	Ukuran	Gambar	Ukuran	Gambar
Lentur Tekan	22 D29		14 D29	
Lentur Tarik	14 D29		22 D29	
Geser	Ø16-150		Ø16-250	
Torsi	12 D29		12 D29	

*Tabel 6.11. Resume Tulangan Balok Memanjang Dermaga
BD3(120x220x600)*

Jenis Tulangan	Tumpuan		Lapangan	
	Ukuran	Gambar	Ukuran	Gambar
Lentur Tekan	22 D29		14 D29	
Lentur Tarik	14 D29		22 D29	
Geser	Ø16-150		Ø16-250	
Torsi	12 D29		12 D29	

*Tabel 6.12. Resume Tulangan Balok Pinggir Dermaga
BD4(60x100x600)*

Jenis Tulangan	Tumpuan		Lapangan	
	Ukuran	Gambar	Ukuran	Gambar
Lentur Tekan	10 D20		14 D20	
Lentur Tarik	14 D20		14 D20	
Geser	Ø16-150		Ø16-250	
Torsi	8 D20		8 D20	

6.6. Penulangan Balok Trestle

Berikut ini akan diuraikan cara perhitungan kebutuhan tulangan lentur, tulangan geser maupun tulangan torsi pada balok memanjang (BT 1) dermaga dengan menggunakan persamaan 2.52 hingga 2.89. dari hasil output SAP2000 diperoleh output crane sepanjang 5m sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Mu}_{\text{Lap}} &= -47.679.245,8345 \text{ N.mm} \\ \text{Mu}_{\text{Lap}} &= 123.718.735,07 \text{ N.mm} \\ \text{Mu}_{\text{Tum}} &= -164.456.932,101 \text{ N.mm} \\ \text{Mu}_{\text{Tum}} &= 90.647.965.408 \text{ N.mm} \\ \text{M22}_{\text{Lap}} &= 243.106,8535 \text{ N.mm} \\ \text{M22}_{\text{Tum}} &= 329.307,307 \text{ N.mm} \\ \text{T} &= 21.282.882,1625 \text{ N/mm} \\ \text{V2}_{\text{Lap}} &= 104.910,953301 \text{ N} \\ \text{V2}_{\text{Tum}} &= 126.599,536574 \text{ N} \end{aligned}$$

6.6.1. Penulangan Torsi Balok Trestle

Diketahui data rencana sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Fc}' &= 30 \text{ Mpa} & \text{BJ} &= 2.500 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{td} &= 90 \text{ mm} & \text{Fy} &= 240 \text{ MPa} \\ \text{b} &= 600 \text{ mm} & \phi &= 0,75 \\ \text{h} &= 1.000 \text{ mm} & \phi_{\text{T}} &= 16 \text{ mm} \\ \phi_{\text{G}} &= 12 \text{ mm} & \phi_{\text{L}} &= 22 \text{ mm} \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned} \text{T}_u &= 21.282.882,1625 \text{ N/mm} \\ \text{T}_N &= \frac{21.282.882,1625 \text{ N/mm}}{0,75} \\ \text{T}_N &= 28.377.176,21 \text{ N/mm} \\ \text{A}_{\text{CP}} &= 600 \text{ mm} \cdot 1.000 \text{ mm} \\ \text{A}_{\text{CP}} &= 600.000 \text{ mm}^2 \\ \text{P}_{\text{CP}} &= 2 \cdot (600 \text{ mm} + 1.000 \text{ mm}) \\ \text{P}_{\text{CP}} &= 3.200 \text{ mm} \\ \phi \cdot \frac{\sqrt{30 \text{ N/mm}^2}}{12} \left(\frac{(600.000 \text{ mm}^2)^2}{3.200} \right) &= 38.511.742,32 \text{ N/mm} \\ 38.511.742,32 \text{ N/mm} &> 21.282.882,1625 \text{ N/mm} \\ \text{(Perlu Tulangan Torsi)} \end{aligned}$$

$$A_{OH} = \left[600 - \left((2.90) + \frac{16}{2} \right) \right] \cdot \left[1.000 - \left((2.90) + \frac{16}{2} \right) \right]$$

$$A_{OH} = 334.544 \text{ mm}^2$$

$$A_O = 334.544 \text{ mm}^2 \cdot 0,85$$

$$A_O = 284.362,44 \text{ mm}^2$$

$$d = 1.000 \text{ mm} - 90 \text{ mm} - \frac{20 \text{ mm}}{2} - 12 \text{ mm}$$

$$d = 888 \text{ mm}$$

$$P_H = 2 \cdot \left[600 - \left((2.90) + \frac{12}{2} \right) \right] + \left[1.000 - \left((2.90) + \frac{12}{2} \right) \right]$$

$$P_H = 1.910 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 888 \text{ mm}$$

$$V_c = 485.829,9085 \text{ N}$$

$$\sqrt{\left(\frac{485.829,9085}{600 \cdot 888} \right)^2 + \left(\frac{21.282.882,1625 \cdot 1.910}{1,7 \cdot 334.544^2} \right)^2} = 1,02$$

$$0,75 \cdot \frac{485.829,9085}{600 \cdot 888} + \frac{2 \cdot \sqrt{30}}{3} = 4,5$$

$$1,02 < 4,5 \dots \text{(tidak perlu ganti penampang)}$$

Karena Memanjang Trestle (BT1) memerlukan tulangan torsi, maka:

$$\frac{At}{s} = \frac{28.377.176,21}{2 \cdot 284.362,44 \cdot 390 \text{ MPa} \cdot \cot 45^\circ}$$

$$\frac{At}{s} = 0,127 \text{ mm}$$

$$A_I = 0,127 \cdot 1.910 \cdot \left(\frac{390 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \right) \cdot \cot^2 45$$

$$A_I = 244,363 \text{ mm}^2$$

$$A_{I,min} = \frac{5 \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 600.000}{12 \cdot 390 \text{ MPa}} - (0,127) \cdot 1.910 \cdot \frac{390 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}}$$

$$A_{I,min} = 3.268,47 \text{ mm}^2$$

Karena $A_I < A_{I,min}$, maka dipakai $A_{I,min}$

Penyebaran torsi meliputi 4 tulangan, yaitu 2 tulangan lentur dan 1 tulangan geser dan 1 tulangan torsi, sehingga :

$$\frac{A_I}{4} = \frac{3.268,47 \text{ mm}^2}{4}$$

$$\frac{A_I}{4} = 817,1175 \text{ mm}^2$$

As Perlu pada tulangan torsi juga dipengaruhi oleh M22. Berikut perhitungan tulangan lentur akibat M22 terhadap tulangan torsi.

$$M_n = \frac{329.307,307 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 411.634,1338 \text{ N.mm}$$

$$d = 888 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan lentur akibat M22 menggunakan 2-D20, sehingga:

$$A_s = \pi \cdot (20\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 2$$

$$A_s = 628 \text{ mm}^2$$

$$T = 628 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa}$$

$$T = 244.920 \text{ N}$$

$$a = \frac{244.920 \text{ N}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 600 \text{ mm}}$$

$$a = 16,01 \text{ mm}$$

$$M_{n_t} = 244.920 \text{ N} \cdot 877 \text{ mm} - \frac{16,01}{2}$$

$$M_{n_t} = 214.794.832 \text{ N.mm}$$

$$M_n < M_{nt}$$

$$411.634,1338 < 214.794.832 \dots (\text{OK})$$

Sehingga kebutuhan luasan torsi (A_{Iperlu}) yaitu sebagai berikut:

$$A_{Iperlu} = 2.817,1175 \text{ mm}^2 + 628 \text{ mm}^2$$

$$A_{Iperlu} = 2.262,235 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan torsi pada Balok Memanjang Trestle (BT1) menggunakan 8-D16, maka:

$$A_{Spakai} = \pi \cdot (20\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 8$$

$$A_{Spakai} = 2.512 \text{ mm}^2$$

$$A_{Spakai} > A_{Sperlu}$$

$$2.512 \text{ mm}^2 > 2.262,235 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

6.6.2. Penulangan Lentur Balok Trestle

Diketahui data rencana sebagai berikut :

$$F_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$B_J = 2.500 \text{ Kg/m}^3$$

$$t_d = 90 \text{ mm}$$

$$F_y = 390 \text{ MPa}$$

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,75$$

$$h = 1.000 \text{ mm}$$

$$n = 17$$

$$L = 5.000 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,85$$

$$\emptyset_G = 12 \text{ mm}$$

$$\emptyset_L = 22 \text{ mm}$$

Momen (M_{33}) dari output SAP sebagai berikut :

$$Mu_{Lap} = -47.679.245,8345 \text{ N.mm}$$

$$Mu_{Lap} = 123.718.735,07 \text{ N.mm}$$

$$Mu_{Tum} = -164.456.932,101 \text{ N.mm}$$

$$Mu_{Tum} = 90.647.965.408 \text{ N.mm}$$

a. Tulangan Tarik Tumpuan

$$M_n = \frac{90.647.965.408 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 113.309.956,8 \text{ N.mm}$$

$$d = 1.000\text{mm} - 90\text{mm} - \frac{19 \text{ mm}}{2} - 12\text{mm}$$

$$d = 888 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (22\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 6$$

$$A_s = 1.700,31 \text{ mm}^2$$

$$T = 1.700,31 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa}$$

$$T = 663.120,90 \text{ N}$$

$$a = \frac{663.120,90\text{N}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 600 \text{ mm}}$$

$$a = 43,34 \text{ mm}$$

$$M_{n_t} = 663.120,90 \text{ N} \cdot 888 \text{ mm} - \frac{100,97}{2}$$

$$M_{n_t} = 589.182.897,98 \text{ N.mm}$$

$$M_{n_t} > M_n$$

$$589.182.897,98 \text{ N.mm} > 113.309.956,8 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})$$

Berhubung tulangan tarik dipengaruhi torsi, maka:

$$A_{s_{\text{perlu}}} = A_s + \frac{A_t}{4}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 1.700,31 \text{ mm}^2 + 817,1175 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 2.504,16 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan 10-D19 maka :

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \pi \cdot (19\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 10$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 2.833,85 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$2.833,85 \text{ mm}^2 > 2.504,16 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan diatas, maka Balok Memanjang Trestle (BT 1) pada dermaga menggunakan tulangan tarik tumpuan 10-D19. Dengan jarak minimum $S > 40\text{mm}$, maka :

$$S = \frac{600\text{mm} - (2.9\text{mm}) - (2.12\text{mm}) - (10.19)}{10 - 1}$$

$$S = 19,6 \text{ mm}$$

$$19,6 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \text{ (dipasang 2 lapis)}$$

b. Tulangan Tarik Lapangan

$$M_n = \frac{123.718.735,07 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 154.648.418,84 \text{ N.mm}$$

$$d = 1.000\text{mm} - 90\text{mm} - \frac{19\text{mm}}{2} - 10\text{mm}$$

$$d = 888 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (19\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 12$$

$$A_s = 2.833,85 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{390 \text{ MPa}}$$

$$\rho_{\min} = 0,003589744$$

$$A_{s_p} = 0,003589744 \cdot 600\text{mm} \cdot 888\text{mm}$$

$$A_{s_p} = 1.913,69 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_p} < A_s$$

$$1.913,69 \text{ mm}^2 < 2.833,85 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

$$T = 2.833,85 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa}$$

$$T = 1.105.201,5 \text{ N}$$

$$a = \frac{1.105.201,5}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 600 \text{ mm}}$$

$$a = 72,24 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_t &= 1.105.201,5 \text{ N} \cdot 888 \text{ mm} - \frac{72,24}{2} \\
 Mn_t &= 981.971.496,63 \text{ N.mm} \\
 Mn_t &> Mn \\
 981.971.496,63 \text{ N.mm} &> 154.648.418,8 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Berhubung tulangan tarik dipengaruhi torsi, maka:

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{perlu}} &= A_s + \frac{A_t}{4} \\
 A_{s\text{perlu}} &= 2.833,85 \text{ mm}^2 + 817,1175 \text{ mm}^2 \\
 A_{s\text{perlu}} &= 3.637,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan 16-D19 maka :

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &= \pi \cdot (19\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 16 \\
 A_{s\text{pakai}} &= 4.534,16 \text{ mm}^2 \\
 A_{s\text{pakai}} &> A_{s\text{perlu}} \\
 4.534,16 \text{ mm}^2 &> 3.637,7 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Berdasarkan pMemanjang Trestle (BT 1) pada dermaga menggunakan tulangan tarik tumpuan 16-D19. Dengan jarak minimum $S > 40\text{mm}$, maka :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{600\text{mm} - (2.9\text{mm}) - (2.12\text{mm}) - (16.19)}{16 - 1} \\
 S &= 14,88 \text{ mm} \\
 14,88 \text{ mm} &> 40 \text{ mm} \text{ (dipasang 2 lapis)}
 \end{aligned}$$

c. Tulangan Tekan Lapangan

$$M_n = \frac{-47.679.245,8345}{0,8}$$

$$M_n = 59.599.057,29 \text{ N.mm}$$

$$d = 1.000\text{mm} - 90\text{mm} - \frac{19 \text{ mm}}{2} - 12\text{mm}$$

$$d = 888 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (22\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 6$$

$$A_s = 1.700,31 \text{ mm}^2$$

$$T = 1.700,31 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa}$$

$$T = 663.120,90 \text{ N}$$

$$a = \frac{663.120,90 \text{ N}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 600 \text{ mm}}$$

$$a = 43,34 \text{ mm}$$

$$M_{n_t} = 663.120,90 \text{ N} \cdot 888 \text{ mm} - \frac{100,97}{2}$$

$$M_{n_t} = 589.182.897,98 \text{ N.mm}$$

$$M_{n_t} > M_n$$

$$589.182.897,98 \text{ N.mm} > 59.599.057,29 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})$$

Berhubung tulangan tarik dipengaruhi torsi, maka:

$$A_{s_{\text{perlu}}} = A_s + \frac{A_t}{4}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 1.700,31 \text{ mm}^2 + 817,1175 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 2.504,16 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan 10-D19 maka :

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \pi \cdot (19\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 10$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 2.833,85 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$2.833,85 \text{ mm}^2 > 2.504,16 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan diatas, maka Balok Memanjang Trestle (BT 1) pada dermaga menggunakan tulangan tarik tumpuan 10-D19. Dengan jarak minimum $S > 40\text{mm}$, maka :

$$S = \frac{600\text{mm} - (2.9\text{mm}) - (2.12\text{mm}) - (10.19)}{10 - 1}$$

$$S = 19,6 \text{ mm}$$

$$19,6 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \text{ (dipasang 2 lapis)}$$

d. Tulangan Tekan Tumpuan

$$M_n = \frac{-164.456.932,101 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 205.571.165,1 \text{ N.mm}$$

$$d = 1.000\text{mm} - 90\text{mm} - \frac{19\text{mm}}{2} - 10\text{mm}$$

$$d = 888 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (19\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 12$$

$$A_s = \frac{2.833,85 \text{ mm}^2}{1,4}$$

$$\rho_{\min} = \frac{390 \text{ MPa}}{1,4}$$

$$\rho_{\min} = 0,003589744$$

$$A_{s_p} = 0,003589744 \cdot 600\text{mm} \cdot 888\text{mm}$$

$$A_{s_p} = 1.913,69 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_p} < A_s$$

$$1.913,69 \text{ mm}^2 < 2.833,85 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})$$

$$T = 2.833,85 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa}$$

$$T = 1.105.201,5 \text{ N}$$

$$a = \frac{1.105.201,5}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 600 \text{ mm}}$$

$$a = 72,24 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_t &= 1.105.201,5 \text{ N} \cdot 888 \text{ mm} - \frac{72,24}{2} \\
 Mn_t &= 981.971.496,63 \text{ N.mm} \\
 Mn_t &> Mn \\
 981.971.496,63 \text{ N.mm} &> 205.571.165,1 \text{ N.mm} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Berhubung tulangan tarik dipengaruhi torsi, maka:

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{perlu}} &= A_s + \frac{A_t}{4} \\
 A_{s\text{perlu}} &= 2.833,85 \text{ mm}^2 + 817,1175 \text{ mm}^2 \\
 A_{s\text{perlu}} &= 3.637,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan 16-D19 maka :

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &= \pi \cdot (19\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 16 \\
 A_{s\text{pakai}} &= 4.534,16 \text{ mm}^2 \\
 A_{s\text{pakai}} &> A_{s\text{perlu}} \\
 4.534,16 \text{ mm}^2 &> 3.637,7 \text{ mm}^2 \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Berdasarkan pMemanjang Trestle (BT 1) pada dermaga menggunakan tulangan tarik tumpuan 16-D19. Dengan jarak minimum $S > 40\text{mm}$, maka :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{600\text{mm} - (2.9\text{mm}) - (2.12\text{mm}) - (16.19)}{16 - 1} \\
 S &= 14,88 \text{ mm} \\
 14,88 \text{ mm} &> 40 \text{ mm} \text{ (dipasang 2 lapis)}
 \end{aligned}$$

6.6.3. Penulangan Geser Balok Trestle

Diketahui data rencana sebagai berikut :

F_c'	$= 30 \text{ Mpa}$	B_j	$= 2.500 \text{ Kg/m}^3$
t_d	$= 90 \text{ mm}$	F_y	$= 240 \text{ MPa}$
b	$= 600 \text{ mm}$	ϕ	$= 0,75$
h	$= 1000 \text{ mm}$	\emptyset	$= 29 \text{ mm}$

Perhitungan tulangan geser pada Balok Memanjang Trestle berdasarkan pada BAB II persamaan 2.52 hingga 2.89 yaitu sebagai berikut :

a. Daerah Tumpuan

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 888 \text{ mm}$$
$$V_c = 438.178,046 \text{ N}$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 888 \text{ mm}$$
$$V_{s_{\min}} = 876.356,092 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 888 \text{ mm}$$
$$V_{s_{\max}} = 1.752.712,184 \text{ N}$$

Cek Geser dalam kondisi 1

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 438.178,046$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 164.316,7673 \text{ N}$$

$$V_u = 126.599,536574$$

$$V_u < 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$126.599,536574 < 164.316,7673 \text{ N} \dots (\text{OK})$$

Menggunakan tulangan geser praktis Ø12-200

b. Daerah Lapangan

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 888 \text{ mm}$$

$$V_c = 438.178,046 \text{ N}$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 888 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\min}} = 876.356,092 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 888 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\max}} = 1.752.712,184 \text{ N}$$

Cek Geser dalam kondisi 1

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 438.178,046$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 164.316,7673 \text{ N}$$

$$V_u = 104.910,953301$$

$$V_u < 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

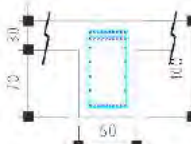
$$104.910,953301 < 164.316,7673 \text{ N} \dots (\text{OK})$$

Menggunakan tulangan geser praktis Ø12-250

*Tabel 6.13. Resume Tulangan Balok Melintang Trestle
BT1(60x100x500)*

Jenis Tulangan	Tumpuan		Lapangan	
	Ukuran	Gambar	Ukuran	Gambar
Lentur Tekan	16 D19		10 D19	
Lentur Tarik	10 D19		16 D19	
Tulangan Geser	Ø12-200		Ø12-250	
Tulangan Torsi	8 D16		8 D16	

*Tabel 6.14. Resume Tulangan Balok Memanjang Trestle
BT1(60x100x500)*

Jenis Tulangan	Tumpuan		Lapangan	
	Ukuran	Gambar	Ukuran	Gambar
Lentur Tekan	16 D19		10 D19	
Lentur Tarik	10 D19		16 D19	
Tulangan Geser	Ø12-200		Ø12-250	
Tulangan Torsi	8 D16		8 D16	

6.7. Penulangan Pile Cap Dermaga dan Trestle

Pada sub bab ini akan diuraikan penulangan pile cap. Pile cap untuk dermaga dan trestle ada beberapa jenis. Pile Cap PC1-PC3 terletak pada dermaga, sedangkan PC4 terletak pada trestle. Jenis tersebut dibedakan berdasarkan dimensi dan posisi tiangnya. Untuk dimensi dan jenis pile cap dapat dilihat pada tabel 6.13 berikut.

Tabel 6.15. Tipe dan Jenis Pile Cap

Type	Dimensi Pile Cap (mm)	Posisi Pile Cap	Jumlah Tiang	Posisi Tiang	Dimensi Tiang (mm)
PC 1	2000x2000x1500	Dermaga	1	Tegak	900
PC 2	2000x2000x1500	Dermaga	1	Tegak	750
PC 3	2000x3000x1500	Dermaga	2	Miring	800
PC 4	1300x1300x1500	Trestle	1	Tegak	600

a. Perhitungan penulangan pada pile cap PC1

Diketahui data rencana (PC1) sebagai berikut :

F_c'	= 30 Mpa	D	= 120 mm
F_y	= 240 MPa	r	= 60 mm
by	= 2.000 mm	bx	= 2.000 mm
td	= 90 mm	t	= 1.500 mm
tf	= 1.410 mm	\emptyset	= 19 mm
Mu	= 50,73467 Ton.m		

Direncanakan pile cap (PC1) menggunakan tulangan D19-100, Maka kontrol penampang dan penulangannya sebagai berikut :

Mu	= 50,73467 Ton.m
Mu	= 497.537.151,5555 N.mm/m
d	= 1.500mm – 90 mm – (19mm . 0,5)
d	= 1.400,5mm

$$A_s = \pi \cdot (19\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{2000}{100}$$

$$A_s = 5667,7 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s \cdot F_y$$

$$T = 5667,7 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Fy}$$

$$T = 2.210.403 \text{ N/mm}^2$$

$$a = \frac{2.210.403 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1000 \text{ mm}}$$

$$a = 86,68 \text{ mm}$$

Kontrol Mu Pile Cap sebagai berikut

$$M = 0,8 \cdot T \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$M = 0,8 \cdot 2.210.403 \text{ N/mm}^2 \cdot (1.400,5 \text{ mm} - \frac{86,68}{2})$$

$$M = 2.397.243.945 \text{ N.mm/m}$$

$$497.537.151,55 \text{ N.mm/m} < 2.397.243.945 \text{ N.mm/m} \dots (\text{OK})$$

b. Perhitungan penulangan pada pile cap PC2

Diketahui data rencana (PC2) sebagai berikut :

$$F_c' = 30 \text{ Mpa} \quad D = 120 \text{ mm}$$

$$F_y = 240 \text{ MPa} \quad r = 60 \text{ mm}$$

$$b_y = 2.000 \text{ mm} \quad b_x = 2.000 \text{ mm}$$

$$t_d = 90 \text{ mm} \quad t = 1.500 \text{ mm}$$

$$t_f = 1.410 \text{ mm} \quad \emptyset = 19 \text{ mm}$$

$$Mu = 39,99535 \text{ Ton.m}$$

Direncanakan pile cap (PC2) menggunakan tulangan D19-200, Maka kontrol penampang dan penulangannya sebagai berikut :

$$Mu = 39,99535 \text{ Ton.m}$$

$$Mu = 392.220.399,0775 \text{ N.mm/m}$$

$$d = 1.500 \text{ mm} - 90 \text{ mm} - (19 \text{ mm} \cdot 0,5)$$

$$d = 1.400,5 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (19\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{2000}{200}$$

$$A_s = 2.833,85 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s \cdot F_y$$

$$T = 2.833,85 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Fy}$$

$$T = 1.105.201,5 \text{ N/mm}^2$$

$$a = \frac{1.105.201,5 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1000 \text{ mm}}$$

$$a = 43,34 \text{ mm}$$

Kontrol Mu Pile Cap sebagai berikut

$$M = 0,8 \cdot T \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$M = 0,8 \cdot 1.105.201,5 \text{ N/mm}^2 \cdot (1.400,5\text{mm} - \frac{43,34}{2})$$

$$M = 1.217.843.637 \text{ N.mm/m}$$

$$392.220.399,07 \text{ N.mm/m} < 1.217.843.637 \text{ N.mm/m} \dots (\text{OK})$$

c. Perhitungan penulangan pada pile cap PC3

Diketahui data rencana (PC3) sebagai berikut :

$$F_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$D = 120 \text{ mm}$$

$$F_y = 240 \text{ MPa}$$

$$r = 60 \text{ mm}$$

$$b_y = 2.000 \text{ mm}$$

$$b_x = 3.000 \text{ mm}$$

$$t_d = 90 \text{ mm}$$

$$t = 1.500 \text{ mm}$$

$$t_f = 1.410 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 19 \text{ mm}$$

$$M_{u_x} = 83,47081 \text{ Ton.m}$$

$$M_{u_y} = 60,75574 \text{ Ton.m}$$

Arah X

Direncanakan pile cap (PC3) menggunakan tulangan D19-200, Maka kontrol penampang dan penulangannya sebagai berikut :

$$M_u = 83,47081 \text{ Ton.m}$$

$$M_u = 818.569.018,8865 \text{ N.mm/m}$$

$$d = 1.500\text{mm} - 90 \text{ mm} - (19\text{mm} \cdot 0,5)$$

$$d = 1.400,5\text{mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (19\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{4000}{200}$$

$$A_s = 5.667,7 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s \cdot F_y$$

$$T = 5667,7 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Fy}$$

$$T = 2.210.403 \text{ N/mm}^2$$

$$a = \frac{2.210.403 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1000 \text{ mm}}$$

$$a = 86,68 \text{ mm}$$

Kontrol Mu Pile Cap sebagai berikut

$$M = 0,8 \cdot T \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$M = 0,8 \cdot 2.210.403 \text{ N/mm}^2 \cdot (1.400,5 \text{ mm} - \frac{86,68}{2})$$

$$M = 2.397.243.945 \text{ N.mm/m}$$

$$818.569.018,88 \text{ N.mm/m} < 2.397.243.945 \text{ N.mm/m} \dots (\text{OK})$$

Arah y

Direncanakan pile cap (PC3) menggunakan tulangan D19-100, Maka kontrol penampang dan penulangannya sebagai berikut :

$$Mu = 60,75574 \text{ Ton.m}$$

$$Mu = 595.810.277,671 \text{ N.mm/m}$$

$$d = 1.500\text{mm} - 90 \text{ mm} - (19\text{mm} \cdot 0,5)$$

$$d = 1.400,5\text{mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (19\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{2000}{100}$$

$$A_s = 5667,7 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s \cdot F_y$$

$$T = 5667,7 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Fy}$$

$$T = 2.210.403 \text{ N/mm}^2$$

$$a = \frac{2.210.403 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1000 \text{ mm}}$$

$$a = 86,68 \text{ mm}$$

Kontrol Mu Pile Cap sebagai berikut

$$M = 0,8 \cdot T \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$M = 0,8 \cdot 2.210.403 \text{ N/mm}^2 \cdot (1.400,5 \text{ mm} - \frac{86,68}{2})$$

$$M = 2.397.243.945 \text{ N.mm/m}$$

$$595.810.277,67 \text{ N.mm/m} < 2.397.243.945 \text{ N.mm/m} \dots (\text{OK})$$

d. Perhitungan penulangan pada pile cap PC4

Diketahui data rencana (PC4) sebagai berikut :

$$F_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$D = 120 \text{ mm}$$

$$F_y = 240 \text{ MPa}$$

$$r = 60 \text{ mm}$$

$$b_y = 1.300 \text{ mm}$$

$$b_x = 1.300 \text{ mm}$$

$$t_d = 90 \text{ mm}$$

$$t = 1.500 \text{ mm}$$

$$t_f = 1.410 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 22 \text{ mm}$$

$$M_u = 5,93838 \text{ Ton.m}$$

Direncanakan pile cap (PC4) menggunakan tulangan D16-100, Maka kontrol penampang dan penulangannya sebagai berikut :

$$M_u = 5,93838 \text{ Ton.m}$$

$$M_u = 58.235.614,227 \text{ N.mm/m}$$

$$d = 1.500 \text{ mm} - 90 \text{ mm} - (16 \text{ mm} \cdot 0,5)$$

$$d = 1.402 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1300}{100}$$

$$A_s = 2.612,48 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s \cdot F_y$$

$$T = 2.612,48 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Fy}$$

$$T = 1.018.867,2 \text{ N/mm}^2$$

$$a = \frac{1.018.867,2 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1000 \text{ mm}}$$

$$a = 39,95 \text{ mm}$$

Kontrol Mu Pile Cap sebagai berikut

$$M = 0,8 \cdot T \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$M = 0,8 \cdot 1.018.867,2 \text{ N/mm}^2 \cdot (1.402 \text{ mm} - \frac{39,95}{2})$$

$$M = 1.126.479.954 \text{ N.mm/m}$$

$$58.235.614,227 \text{ N.mm/m} < 1.126.479.954 \text{ N.mm/m} \dots (\text{OK})$$

Berikut tabel rekapitulasi kebutuhan tulangan Pile Cap Dermaga dan Trestle serta kontrol momennya.

Tabel 6.16. Kontrol Momen Penulangan Pile Cap

Type	Momen				Kontrol
	Mu _x (mm)	M _x (mm)	Mu _y (mm)	M _y (mm)	
PC 1	497.537.151,55	2.397.243.945	497.537.151,55	2.397.243.945	OK
PC 2	392.220.399,07	1.217.843.637	392.220.399,07	1.217.843.637	OK
PC 3	818.569.018,88	2.397.243.945	595.810.277,67	2.397.243.945	OK
PC 4	58.235.614,227	1.126.479.954	58.235.614,227	1.126.479.954	OK

Tabel 6.17. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Pile Cap

Type	Dimensi (mm)	Tulangan	
		X	Y
PC 1	2000x2000x1500	D19-100	D19-100
PC 2	2000x2000x1500	D19-200	D19-200
PC 3	2000x3000x1500	D19-200	D19-100
PC 4	1300x1300x1500	D16-100	D16-100

Kontrol Geser Pons Pile Cap

$$P_{ijin} = 4.340.050,6373 \text{ N}$$

$$P_{ult} = \frac{4.340.050,6373}{0,7}$$

$$P_{ult} = 6.200.072,339 \text{ N}$$

Maka, Luas bidang geser pons (A) :

$$A = \pi \cdot (D + T) \cdot t$$

$$A = \pi \cdot (1.200 + 1.410) \cdot 1.410$$

$$A = 11.555.514 \text{ mm}^2$$

Kuat geser pons ijin :

$$A \cdot \frac{1}{12} \cdot \sqrt{fc} = 11.555.514 \text{ mm}^2 \cdot \frac{1}{12} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}}$$

$$A \cdot \frac{1}{12} \cdot \sqrt{fc} = 5.274.346,401 \text{ N}$$

$$4.340.050,6373 \text{ N} < 5.274.346,401 \text{ N} \dots (\text{OK})$$

Kuat geser pons ultimit :

$$A \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{fc} = 11.555.514 \text{ mm}^2 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}}$$

$$A \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{fc} = 10.548.692,8 \text{ N}$$

$$6.200.072,339 \text{ N} < 10.548.692,8 \text{ N} \dots (\text{OK})$$

6.8. Penulangan Plat Fender

Penulangan Plat fender sama dengan perhitungan plat lantai dermaga maupun trestle, menggunakan persamaan 2.39 hingga 2.47. berikut perhitungannya.

F_c'	$= 30 \text{ Mpa}$	B_j	$= 2.500 \text{ kg/m}^3$
t	$= 750 \text{ mm}$	F_y	$= 390 \text{ MPa}$
h	$= 2500 \text{ mm}$	b	$= 2.000 \text{ mm}$
ϕ	$= 0,8$	β	$= 0,85$
t_f	$= 1.410 \text{ mm}$	t_d	$= 90 \text{ mm}$

Momen output SAP2000:

M_y	$= 113.133.535,1265 \text{ N.mm/m}$
M_x	$= 33.744.976,8495 \text{ N.mm/m}$

Arah Y

Tulangan plat fender arah Y direncanakan menggunakan D16-250mm.

$$M_n = \frac{M_y}{\phi}$$

$$M_n = \frac{113.133.535,1265}{0,8}$$

$$M_n = 141.416.918,9$$

$$d_y = t - t_d - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset\right)$$

$$d_y = 750 \text{ mm} - 90 \text{ mm} - \left(\frac{16}{2}\right)$$

$$d_y = 652 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{2500}{250}$$

$$A_s = 2.009,6 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s \cdot F_y$$

$$T = 2.009,6 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Fy}$$

$$T = 783.744 \text{ N/mm}^2$$

$$a = \frac{783.744 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1000 \text{ mm}}$$

$$a = 30,7 \text{ mm}$$

$$M = T \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$M = 783.744 \text{ N/mm}^2 \cdot (652 \text{ mm} - \frac{30,7}{2})$$

$$M = 498.970.617,6 \text{ N.mm/m}$$

$$141.416.918,9 \text{ N.mm/m} < 498.970.617,6 \text{ N.mm/m} \dots(\text{OK})$$

Arah X

Tulangan plat fender arah C direncanakan menggunakan D16-250mm.

$$M_n = \frac{M_y}{\phi}$$

$$M_n = \frac{33.744.976,849}{0,8}$$

$$M_n = 42.181.221,05$$

$$d_y = t - t_d - (\frac{1}{2} \cdot \emptyset)$$

$$d_y = 750 \text{ mm} - 90 \text{ mm} - (\frac{16}{2})$$

$$d_y = 652 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1000}{250}$$

$$A_s = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s \cdot F_y$$

$$T = 803,84 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ Fy}$$

$$T = 313.497,6 \text{ N/mm}^2$$

$$a = \frac{313.497,6 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 1000 \text{ mm}}$$

$$a = 12,29 \text{ mm}$$

$$M = T \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$M = 313.497,6 \text{ N/mm}^2 \cdot (652 \text{ mm} - \frac{12,29}{2})$$

$$M = 202.475.559,9 \text{ N.mm/m}$$

$$42.181.221,05 \text{ N.mm/m} < 202.475.559,9 \text{ N.mm/m} \dots(\text{OK})$$

6.9. Penulangan Virtual Kolom

Diketahui data rencana sebagai berikut :

F_c'	= 30 Mpa	BJ	= 2.500 Kg/m ³
td	= 90 mm	F_y	= 390 MPa
b	= 1.200 mm	ϕ	= 0,8
h	= 1.200 mm	\emptyset	= 29 mm
L	= 2.200 mm	β	= 0,85
\emptyset_s	= 16 mm	n	= 17

Gaya dari output SAP sebagai berikut :

$$P_u = 2.854.814,960231 \text{ N}$$

$$V_u = 18.998,815311 \text{ N}$$

a. Tulangan Longitudinal

$$P_n = \frac{2.854.814,960231 \text{ N}}{0,7}$$

$$P_n = 4.078.307,089 \text{ N}$$

$$d = 1.200 \text{ mm} - 90 \text{ mm} - \frac{29 \text{ mm}}{2} - 16 \text{ mm}$$

$$d = 1084,5 \text{ mm}$$

$$A_s = \pi \cdot (29 \text{ mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 24$$

$$A_s = 15.844,44 \text{ mm}^2$$

$$A_g = b \cdot h$$

$$A_g = 1.200 \cdot 1.200 = 1.440.000 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{15.844,44}{1.440.000} = 0,011 \text{ (0,01} < \rho < \text{0,08)}$$

$$\phi P_{n \max} = 0,85 \phi [0,85 \cdot F_c' \cdot (A_g - A_s) + (f_y \cdot A_s)]$$

$$\phi P_{n \max} = 0,85 \cdot 0,6 [0,85 \cdot \sqrt{30} \cdot (1.440.000 - 15.844,44) + (390 \cdot 15.844,44)]$$

$$\phi P_{n \max} = 6.667.968,989 \text{ N}$$

$$\phi P_{n \max} > P_n$$

$$6.667.968,989 \text{ N} > 4.078.307,089 \text{ N} \dots (\text{OK})$$

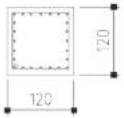
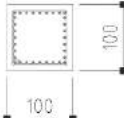
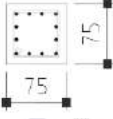
$$\begin{aligned}
 K &= 4.1084 \\
 K &= 4.338 \text{ mm} \\
 \text{Spasi Tul.} &= \frac{4.338 - (2.24 + 4)29}{24} = 118 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

b. Tulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{2}{14 \cdot 1.440.000}\right) \cdot \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \cdot 1.084 \cdot 1.084 \\
 &= 1.269.060,48 \text{ N} \\
 0,5 \phi V_c &= 475.897,68 \text{ N} \\
 0,5 \phi V_c &> V_u \\
 475.897,68 \text{ N} &> 18.998,815311 \text{ N} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Menggunakan tulangan sengkang praktis Ø12 - 200

Tabel 6.18. Resume Tulangan Klorom Virtual Dermaga dan Trestle

Dimensi	Jenis Tulangan	Tumpuan	
		Tulangan	Gambar
120x120	Longitudinal	24 D29	
	Geser	Ø12-200	
100x100	Longitudinal	32 D29	
	Geser	Ø12-200	
75x75	Longitudinal	16 D16	
	Geser	Ø10-200	

6.10. Panjang Penyaluran ke Struktur Atas dan Base Plate

a. Panjang Penyaluran

Diketahui data rencana sebagai berikut:

D_{tiang}	= 900 mm	d	= 40 mm
t	= 12,5 mm	L	= 1.500 mm
h	= 2500 mm	F_c'	= 30 MPa
ϕ	= 0,7	F_y	= 390 MPa
\emptyset	= 29 mm	P	= 227,23 Ton

Maka tulangan yang disalurkan dari struktur atas :

$$P = 2.228.419,114141 \text{ N}$$

$$A_{S\text{Perlu}} = \frac{2.228.419,114141 \text{ N}}{0,7 \cdot 390 \text{ MPa}}$$

$$A_{S\text{Perlu}} = 8.162,71 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan 20 D29 dan menggunakan spiral Ø12-150, maka:

$$A_s = \pi \cdot (29\text{mm})^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 20$$

$$A_s = 13.203,7 \text{ mm}^2$$

$$7.126,63 \text{ mm}^2 < 13.203,7 \text{ mm}^2$$

$$\frac{\emptyset \cdot F_y}{4 \cdot \sqrt{f_c'}} = \frac{29\text{mm} \cdot 390 \text{ MPa}}{4 \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}}}$$

$$\frac{\emptyset \cdot F_y}{4 \cdot \sqrt{f_c'}} = 516,23\text{mm}$$

$$\frac{A_{S\text{Perlu}}}{A_{s'}} \cdot \frac{\emptyset \cdot F_y}{4 \cdot \sqrt{f_c'}} = \frac{8.905,465}{13.203,7} \cdot 516,23\text{mm}$$

$$\frac{A_{S\text{Perlu}}}{A_{s'}} \cdot \frac{\emptyset \cdot F_y}{4 \cdot \sqrt{f_c'}} = 278,63 \text{ mm}$$

Jadi panjang penyaluran untuk tiang 1.000 mm adalah sebesar 350 mm.

b. Kebutuhan Base Plate

Pada tiang pancang 1.000 mm diketahui data perencanaan sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll} D_{\text{tiang}} = 900 \text{ mm} & B_{\text{Con}} = 2.500 \text{ Kg/m}^3 \\ T_{\text{plate}} = 8 \text{ mm} & B_{\text{Steel}} = 7.850 \text{ Kg/m}^3 \\ L = 1.500 \text{ mm} & F_e = 150 \text{ MPa} \end{array}$$

Maka, :

$$A_d = \pi \cdot \frac{1}{4} \cdot (900\text{mm} - [2 \cdot 12,5\text{mm}])^2$$

$$A_d = 601.015,63 \text{ mm}^2 = 601,015 \text{ m}^2$$

Berat beton + Base Plate:

$$\text{Beton} = 601.015,63 \text{ mm}^2 \cdot 1.500 \text{ mm} \cdot 2.500 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Beton} = 2.253,81 \text{ Kg}$$

$$\text{Baja} = 601.015,63 \text{ mm}^2 \cdot 8 \text{ mm} \cdot 7.850 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Baja} = 37,74 \text{ Kg}$$

$$P = 2.253,81 \text{ Kg} + 37,74 \text{ Kg}$$

$$P = 2.291,55 \text{ Kg}$$

$$P = 22,472 \text{ N}$$

Perhitungan pengait base plate. Direncanakan menggunakan 4 pengait, Maka:

$$A_p = \frac{22,472 \text{ N}}{150 \text{ N/mm}^2}$$

$$A_p = 149,82 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{149,82 \text{ mm}^2}{4}$$

$$A = 37,45 \text{ mm}^2$$

$$\emptyset = \sqrt{\frac{37,45 \text{ mm}^2}{\pi}}$$

$$\emptyset = 6,91 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan Ø8 dengan 4 pengait

Tabel 6.19. Resume Panjang Penyaluran dan Base Plate

No.	Diameter Tiang (mm)	Diameter Tulangan	Diameter Spiral	Panjang Penyaluran	Base Plate
1	900	20 D29	Ø12-150	278	4 Ø8
2	750	20 D29	Ø12-150	351	4 Ø8
3	800	20 D29	Ø12-150	205,77	4 Ø6
4	600	12 D25	Ø12-150	129	4 Ø6

6.11. Perhitungan Shear Ring

Diketahui data perencanaan sebagai berikut :

D_{tiang}	= 900	d	= 40 mm
t	= 12,5 mm	L	= 1.500 mm
ϕ	= 0,7	F_c'	= 30 MPa
BJ_{Con}	= 2.500 Kg/m ³	F_y	= 390 MPa
\emptyset	= 29 mm	P	= 247,913 Ton
σ_e	= 460 MPa	t_i	= 8 mm
F_e	= 160 MPa	BJ_{Steel}	= 8.750 Kg/m ³

a. Kekuatan Shear Ring

Direncanakan menggunakan shear ring 4 Ø12, maka :

$$\begin{aligned}
 K &= \pi \cdot 900 \text{ mm} - (2 \cdot 12,5) \\
 K &= 2.801 \text{ mm} \\
 V &= 0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 14 \text{ mm} \cdot 2.801 \text{ mm} \\
 V &= 999.957 \text{ N} \\
 n \cdot V &= 4 \cdot 999.957 \text{ N} \\
 n \cdot V &= 3.999.828 \text{ N} \approx 407,73 \text{ Ton} \\
 198 \text{ Ton} &< 407,73 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

b. Jarak Shear Ring

$$\begin{aligned}
 S \cdot \sqrt{f_c} \cdot \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot D_d &\geq 0,85 \cdot D_{SR} \cdot \pi \\
 S &= \frac{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 14 \text{ mm}}{\sqrt{30 \text{ MPa}}} \cdot 6 \\
 S &= 391,07 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, jarak shear ring yang digunakan adalah 400 mm.

c. Kontrol Kekuatan Las

Direncanakan dilas menggunakan E 60 xx maka:

$$\text{Kekuatan Las} = \pi \cdot 900 \text{ mm} \cdot 460 \text{ MPa} \cdot 8 \text{ mm}$$

$$\text{Kekuatan Las} = 10.399.680 \text{ N} \approx 1.060,11 \text{ Ton}$$

$$1.060,11 \text{ Ton} > 227,24 \text{ Ton}$$

Berikut tabel rekapitulasi kebutuhan tulangan Shear Ring Dermaga dan Trestle serta kontrol kekuatannya.

Tabel 6.20. Resume Kekuatan Shear Ring dan Las

No.	Diameter Tiang(mm)	Kekuatan Shear Ring			Kekuatan Las		
		Gaya	Kekuatan	Kontrol	Gaya	Kekuatan	Kontrol
1	900	227,24	407,73	OK	227,24	1.060,11	OK
2	750	213,73	543,03	OK	213,73	942,32	OK
3	800	151,97	218,04	OK	151,97	883,43	OK
4	600	45,29	96,65	OK	45,29	706,74	OK

Tabel 6.21. Kebutuhan Shear Ring

No.	Diameter Tiang(mm)	Diameter Shear Ring	Jarak (mm)
1	900	4 Ø14	400
2	750	6 Ø14	392
3	800	3 Ø12	336
4	600	2 Ø10	280

6.12. Perhitungan Daya Dukung Struktur Bawah

Perhitungan daya dukung struktur bawah dermaga maupun trestle meliputi daya dukung batas pondasi dan daya dukung tiang pancang.

6.11.1. Daya Dukung Batas Pondasi

Daya dukung batas atas atau daya dukung ijin pondasi dianalisa berdasarkan 2 kondisi, yaitu akibat beban horizontal dan beban vertikal.

6.11.1.1. Daya Dukung Pondasi Akibat Beban Vertikal

Dari hasil penelitian lapangan dan laboratorium yang dilakukan oleh badan pemeriksa tanah diketahui jenis tanah pada lokasi rencana dermaga lebih dominan tanah lanau. Dibawah ini adalah perhitungan daya dukung vertikal tiang, dimana direncanakan sebagai berikut:

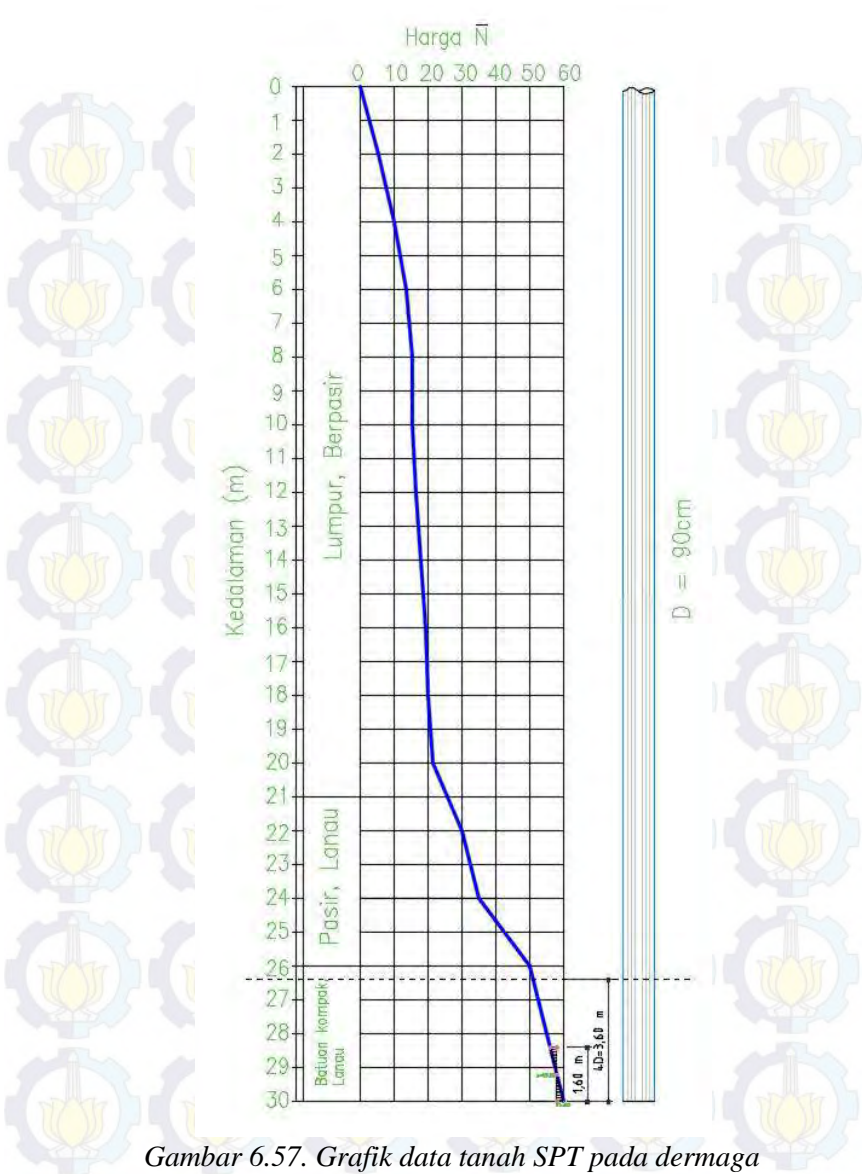
$$D = 900 \text{ mm}$$

$$L = 30 \text{ m}$$

Berdasarkan tabel berikut untuk tanah berpasir, maka Intensitas gaya geser dinding tiang (f_i) adalah $\frac{N}{5} \leq 10 \text{ m}$.

Tabel 6.22. Intensitas Gaya Geser Dinding Tiang (f_i)

Jenis Tanah \ Jenis Tiang	Tiang Pracetak	Tiang dicor ditempat
Tanah Berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah Kohesif	$c \text{ atau } N (\leq 12)$	$\frac{c}{2} \text{ atau } \frac{N}{2} (\leq 12)$



Gambar 6.57. Grafik data tanah SPT pada dermaga

Tabel 6.23. Gaya Geser Permukaan Tiang Berdasarkan Lapisan Tanah

<i>Kedalaman</i>	<i>Tebal Lapisan li (m)</i>	<i>Jenis Tanah</i>	<i>N rata-rata</i>	<i>Fi (t/m²)</i>	<i>li.fi (t/m)</i>
0-21	21	Lumpur, Pasir halus	15,04	5	105
22-26	5	Lanau, Berpasir	38,1	10	50
26-30	4	Lanau, Batuan Kompak	56,6	10	40
	30		Σ li.fi		195

Berdasarkan data tanah SPT pada dermaga tersebut maka diperoleh :

Panjang ekuivalen dari penetrasi tiang:

$$N_{1(\text{Ujung Tiang})} = 60$$

N rata-rata dari 4D ujung tiang ke atas,

$$4D = 4 \cdot 900 \text{ mm}$$

$$4D = 4.000 \text{ mm} = 3,6 \text{ m}$$

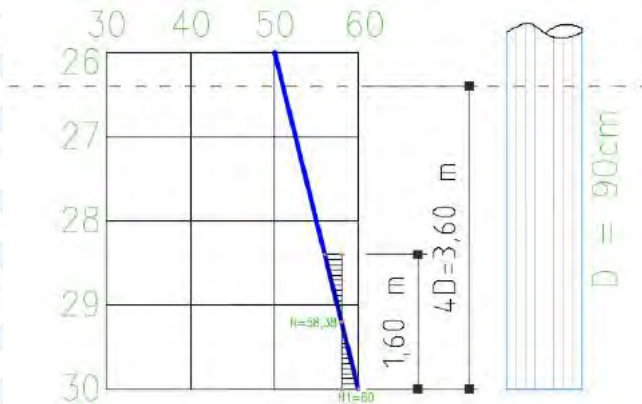
$$\overline{N}_{2(4D)} = \frac{53+56+58+60}{4}$$

$$\overline{N}_{2(4D)} = 56,75$$

$$\overline{N} = \frac{60+56,75}{2}$$

$$\overline{N} = 58,38$$

Kemudian dicari panjang penetrasi berdasarkan grafik SPT, sehingga diperoleh nilai panjang ekuivalen penetrasi sepanjang 1,6 m.

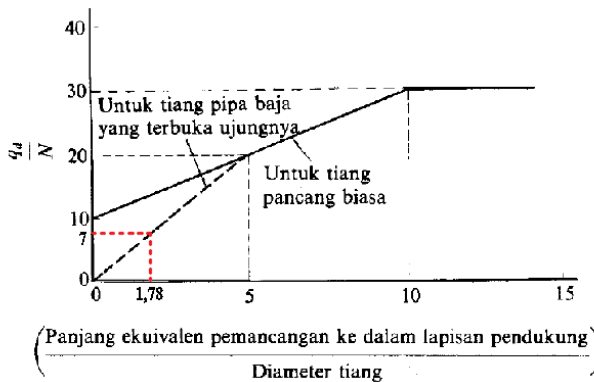


Gambar 6.58. Panjang Penetrasi tiang Ø900

Perhitungan daya dukung ujung tiang :

$$\frac{L}{D} = \frac{1,6 \text{ m}}{0,9 \text{ m}}$$

$$\frac{L}{D} = 1,78 \text{ m}$$



Gambar 6.59. Diagram Perhitungan dari Intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang

Dari grafik didapatkan $\frac{Q_d}{N} = 7$

Daya dukung ujung tiang :

$$\frac{Q_d}{N} = 7$$

$$Q_d = 7. 58,38 \text{ Ton/m}^2$$

$$Q_d = 408,63 \text{ Ton/m}^2$$

$$A = \pi \cdot \frac{1}{4} \cdot 900^2 \text{ mm}$$

$$A = 640.000 \text{ mm}^2 \approx 0,64 \text{ m}^2$$

$$R_t = 408,63 \text{ Ton/m}^2 \cdot 0,64 \text{ m}^2$$

$$R_t = 259,82 \text{ Ton}$$

Gaya geser maksimum dinding tiang :

$$U = \pi \cdot 0,9 \text{ m} = 2,83 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{li.fi} = 195 \text{ Ton/m}$$

$$R_f = U \cdot \Sigma \text{li.fi} = 2,83 \text{ m} \cdot 195 \text{ Ton/m}$$

$$R_f = 551,07 \text{ Ton}$$

Daya Dukung Ultimate

$$R_u = 259,82 \text{ Ton} + 551,07 \text{ Ton}$$

$$R_u = 810,89 \text{ Ton}$$

Daya dukung yang iijinkan :

$$R_a = \frac{810,89 \text{ Ton}}{3} = 270,3 \text{ Ton/tiang}$$

Kontrol

$$P = 227,24 \text{ Ton}$$

$$R_a > P$$

$$270,30 \text{ Ton} > 227,24 \text{ Ton} \dots (\text{OK})$$

Tabel 6.24. Resume Daya Dukung Pondasi Akibat Beban Vertikal

Diameter Tiang(mm)	Posisi	Panjang (m)	Letak	Daya Dukung	Gaya (Ton)	Kontrol
900	Lurus	22,3	Dermaga	257,93	227,24	OK
750	Miring	22,47	Dermaga	221,94	213,73	OK
800	Lurus	22,3	Dermaga	204,63	151,97	OK
600	Lurus	22,3	Trestle	155,67	45,29	OK

6.11.1.2. Daya Dukung Pondasi Akibat Beban Horizontal

Daya dukung horizontal dihitung berdasarkan beban pergeseran normal yang diijinkan pada kepala tiang, yaitu pergeseran paling maksimum pada ujung tiang. Bila besarnya pergeseran normal sudah ditetapkan, maka daya dukung mendatar yang diijinkan dapat ditentukan sesuai dengan persamaan 109 pada BAB II yang mengacu pada buku *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Suyono S, Kazuto Nakazawa*.

Berikut ini perhitungan daya dukung pondasi akibat beban horizontal pada tiang ukuran 900 mm, direncanakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 D_{\text{tiang}} &= 900 & t &= 12,5 \text{ mm} \\
 N &= 16 & E &= 2.100.000 \text{ Kg/cm}^2 \\
 \delta &= 1 \text{ cm} & h &= 1.400 \text{ cm} \\
 I &= \frac{\pi \cdot D^2}{64} - \frac{\pi \cdot (D - [2 \cdot t]^2)}{64} \\
 I &= \frac{\pi \cdot 900^4}{64} - \frac{\pi \cdot (900 - [2 \cdot 12,5]^4)}{64} \\
 I &= 3.430.369,5 \text{ mm}^4 \\
 I &= 343.036,95 \text{ cm}^4 \\
 E_0 &= 28 \cdot N \\
 E_0 &= 28 \cdot 16 \\
 E_0 &= 448 \\
 K_0 &= 0,2 \cdot E_0 \cdot D^{-3/4} \text{ mm} \\
 K_0 &= 0,2 \cdot 448 \cdot 900^{-3/4} \text{ mm} \\
 K_0 &= 3,07 \text{ Kg/cm}^2 \\
 K &= K_0 \cdot \delta^{-1/2} \\
 K &= 3,07 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 1^{-1/2} \\
 K &= 3,07 \text{ Kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_h \cdot D}{4EI}}$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{3,07 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 90 \text{ cm}}{4 \cdot 2.100.000 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 343.036,95 \text{ cm}^4}}$$

$$\beta = 0,003128 \text{ cm}^4$$

$$H_a = \frac{4 \cdot EI \cdot \beta^3}{1 + \beta h} \cdot \delta_a$$

$$H_a = \frac{4 \cdot 2.100.000 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 343.036,95 \text{ cm}^4 \cdot 0,003128^3 \text{ cm}^4}{1 + 0,003128 \text{ cm}^4 \cdot 1.400 \text{ cm}} \cdot 1 \text{ cm}$$

$$H_a = 16.398,42 \text{ Kg}$$

$$H_a = 16,398 \text{ Ton}$$

Tabel 6.25. Resume Daya Dukung Pondasi Akibat Beban Horisontal

Diameter Tiang (mm)	Panjang (m)	Ha (Ton)	Gaya (Ton)	Kontrol
900	22,3	16,398	3,45	OK
750	22,47	13,71	2,48	OK
800	22,3	12,42	2,02	OK
600	22,3	8,8	1,00	OK

6.11.2. Daya Dukung Kapasitas Bahan

Perhitungan daya dukung kapasitas bahan dihitung dengan persamaan 2.99 hingga 2.100 yang mengacu pada PPBBI 1980. Diketahui data rencana sebagai berikut :

$$D_{\text{tiang}} = 900 \text{ mm} \quad F_y = 2.900 \text{ Kg/cm}^2$$

$$L = 22.300 \text{ mm} \quad E = 2.100.000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$K = 1,2 \quad \text{ASTM A-252}$$

Maka :

$$I = \frac{\pi \cdot D^2}{64} - \frac{\pi \cdot (D - [2 \cdot t]^2)}{64}$$

$$I = \frac{\pi \cdot 900^4}{64} - \frac{\pi \cdot (900 - [2 \cdot 12,5]^4)}{64}$$

$$I = 3.430.369,5 \text{ mm}^4$$

$$I = 343.036,95 \text{ cm}^4$$

$$A = \left(\pi \cdot \frac{1}{4} \cdot 90^2 \right) - \left(\pi \cdot \frac{1}{4} \cdot 87,5^2 \right) \text{cm}$$

$$A = 348,34 \text{ cm}^2$$

$$L_K = L \cdot K$$

$$L_K = 22.300 \text{ mm} \cdot 1,2$$

$$L_K = 2.676 \text{ cm}$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{343.036,95 \text{ cm}^4}{384,650 \text{ cm}^2}}$$

$$r = 31,38 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{L_K}{r}$$

$$\lambda = \frac{26.760 \text{ cm}}{31,38 \text{ cm}}$$

$$\lambda = 85,27 \text{ cm}$$

$$\lambda_G = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{0,7 \cdot F_y}}$$

$$\lambda_G = \pi \cdot \sqrt{\frac{2.100.000}{0,7 \cdot 2900}}$$

$$\lambda_G = 100,99$$

$$\lambda_S = \frac{\lambda}{\lambda_G}$$

$$\lambda_S = \frac{85,27}{100,99}$$

$$\lambda_S = 0,84$$

$$\lambda_S > 1, \text{ maka } \omega = 2,381 \cdot \lambda_S^2$$

$$\omega = 2,381 \cdot 0,84^2$$

$$\omega = 1,7$$

$$\sigma_{\text{Tetap}} = \frac{F_y}{1,5}$$

$$\sigma_{\text{Tetap}} = \frac{2.900 \text{ Kg/cm}^2}{1,5}$$

$$\sigma_{\text{Tetap}} = 1.933,33 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{Sementara}} = 1,3 \cdot 1.933,33 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{Sementara}} = 2.513,33 \text{ Kg/cm}^2$$

Daya dukung kapasitas bahan Ø900

$$P_{ijinTetap} = \frac{\sigma_{tetap} \cdot A}{\omega}$$

$$P_{ijinTetap} = \frac{1.933,33 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 348,34 \text{ cm}^2}{1,7}$$

$$P_{ijinTetap} = 396,73 \text{ Ton}$$

$$P_{ijinSmntr} = \frac{\sigma_{smntr} \cdot A}{\omega}$$

$$P_{ijinSmntr} = \frac{2.513,33 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 348,35 \text{ cm}^2}{1,7}$$

$$P_{ijinSmntr} = 515,75 \text{ Ton}$$

$$M_{ijinTetap} = \frac{\sigma_{tetap} \cdot I}{0,5 \cdot d}$$

$$M_{ijinTetap} = \frac{1.933,33 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 343.036,95 \text{ cm}^4}{0,5 \cdot 90 \text{ cm}}$$

$$M_{ijinTetap} = 147,38 \text{ Ton.m}$$

$$M_{ijinSmntr} = \frac{\sigma_{smntr} \cdot I}{0,5 \cdot d}$$

$$M_{ijinSmntr} = \frac{2.513,33 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 343.036,95 \text{ cm}^4}{0,5 \cdot 90 \text{ cm}}$$

$$M_{ijinSmntr} = 191,59 \text{ Ton.m}$$

Stress Ratio Tetap

$$\frac{PoTTP}{PiTTP} + \frac{MoTTP}{MiTTP} \leq 1$$

$$\frac{228,022}{396,73} + \frac{13,66}{147,38} \leq 1$$

$$0,69 \leq 1 \text{(OK)}$$

Stress Ratio Sementara

$$\frac{PoSMTR}{PiSMTR} + \frac{MoSMTR}{MiSMTR} \leq 1,3$$

$$\frac{228,22}{515,75} + \frac{41,44}{191,59} \leq 1,3$$

$$0,53 \leq 1,3 \text{(OK)}$$

Daya dukung kapasitas bahan Ø800

$$P_{ijinTetap} = \frac{\sigma_{tetap} \cdot A}{\omega}$$

$$P_{ijinTetap} = \frac{1.933,33 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 309,09 \text{ cm}^2}{1,7}$$

$$P_{ijinTetap} = 277,18 \text{ Ton}$$

$$P_{ijinSmntr} = \frac{\sigma_{smntr} \cdot A}{\omega}$$

$$P_{ijinSmntr} = \frac{2.513,33 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 309,09 \text{ cm}^2}{1,7}$$

$$P_{ijinSmntr} = 360,34 \text{ Ton}$$

$$M_{ijinTetap} = \frac{\sigma_{tetap} \cdot I}{0,5 \cdot d}$$

$$M_{ijinTetap} = \frac{1.933,33 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 239.668,4 \text{ cm}^4}{0,5 \cdot 80 \text{ cm}}$$

$$M_{ijinTetap} = 115,84 \text{ Ton.m}$$

$$M_{ijinSmntr} = \frac{\sigma_{smntr} \cdot I}{0,5 \cdot d}$$

$$M_{ijinSmntr} = \frac{2.513,33 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 239.668,4 \text{ cm}^4}{0,5 \cdot 80 \text{ cm}}$$

$$M_{ijinSmntr} = 150,59 \text{ Ton.m}$$

Stress Ratio Tetap

$$\frac{PoTTP}{PiTTP} + \frac{MoTTP}{MiTTP} \leq 1$$

$$\frac{163,332}{277,18} + \frac{9,5}{115,84} \leq 1$$

$$0,63 \leq 1 \text{(OK)}$$

Stress Ratio Sementara

$$\frac{PoSMTR}{PiSMTR} + \frac{MoSMTR}{MiSMTR} \leq 1,3$$

$$\frac{212,82}{360,34} + \frac{27,277}{150,59} \leq 1,3$$

$$0,75 \leq 1,3 \text{(OK)}$$

Daya dukung kapasitas bahan Ø750

$$P_{ijinTetap} = \frac{\sigma_{tetap} \cdot A}{\omega}$$

$$P_{ijinTetap} = \frac{1.933,33 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 289,47 \text{ cm}^2}{1,7}$$

$$P_{ijinTetap} = 227,68 \text{ Ton}$$

$$P_{ijinSmntr} = \frac{\sigma_{smntr} \cdot A}{\omega}$$

$$P_{ijinSmntr} = \frac{2.513,33 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 287,47 \text{ cm}^2}{1,7}$$

$$P_{ijinSmntr} = 295,98 \text{ Ton}$$

$$M_{ijinTetap} = \frac{\sigma_{tetap} \cdot I}{0,5 \cdot d}$$

$$M_{ijinTetap} = \frac{1.933,33 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 196.861,36 \text{ cm}^4}{0,5 \cdot 75 \text{ cm}}$$

$$M_{ijinTetap} = 101,49 \text{ Ton.m}$$

$$M_{ijinSmntr} = \frac{\sigma_{smntr} \cdot I}{0,5 \cdot d}$$

$$M_{ijinSmntr} = \frac{2.513,33 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 196.861,36 \text{ cm}^4}{0,5 \cdot 75 \text{ cm}}$$

$$M_{ijinSmntr} = 131,94 \text{ Ton.m}$$

Stress Ratio Tetap

$$\frac{PoTTP}{PiTTP} + \frac{MoTTP}{MiTTP} \leq 1$$

$$\frac{150,676}{277,18} + \frac{7,9}{101,49} \leq 1$$

$$0,66 \leq 1 \text{(OK)}$$

Stress Ratio Sementara

$$\frac{PoSMTR}{PiSMTR} + \frac{MoSMTR}{MiSMTR} \leq 1,3$$

$$\frac{150,676}{295,98} + \frac{23,65}{131,94} \leq 1,3$$

$$0,62 \leq 1,3 \text{(OK)}$$

Daya dukung kapasitas bahan Ø600

$$P_{ijinTetap} = \frac{\sigma_{tetap} \cdot A}{\omega}$$

$$P_{ijinTetap} = \frac{1.933,33 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 230,59 \text{ cm}^2}{1,7}$$

$$P_{ijinTetap} = 115,11 \text{ Ton}$$

$$P_{ijinSmntr} = \frac{\sigma_{smntr} \cdot A}{\omega}$$

$$P_{ijinSmntr} = \frac{2.513,33 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 230,59 \text{ cm}^2}{1,7}$$

$$P_{ijinSmntr} = 149,65 \text{ Ton}$$

$$M_{ijinTetap} = \frac{\sigma_{tetap} \cdot I}{0,5 \cdot d}$$

$$M_{ijinTetap} = \frac{1.933,33 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 99.533,63 \text{ cm}^4}{0,5 \cdot 60 \text{ cm}}$$

$$M_{ijinTetap} = 64,14 \text{ Ton.m}$$

$$M_{ijinSmntr} = \frac{\sigma_{smntr} \cdot I}{0,5 \cdot d}$$

$$M_{ijinSmntr} = \frac{2.513,33 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 99.533,63 \text{ cm}^4}{0,5 \cdot 60 \text{ cm}}$$

$$M_{ijinSmntr} = 83,39 \text{ Ton.m}$$

Stress Ratio Tetap

$$\frac{PoTTP}{PiTTP} + \frac{MoTTP}{MiTTP} \leq 1$$

$$\frac{42,28}{115,11} + \frac{0,557}{64,14} \leq 1$$

$$0,36 \leq 1 \text{(OK)}$$

Stress Ratio Sementara

$$\frac{PoSMTR}{PiSMTR} + \frac{MoSMTR}{MiSMTR} \leq 1,3$$

$$\frac{45,29}{149,65} + \frac{12,59}{83,39} \leq 1,3$$

$$0,45 \leq 1,3 \text{(OK)}$$

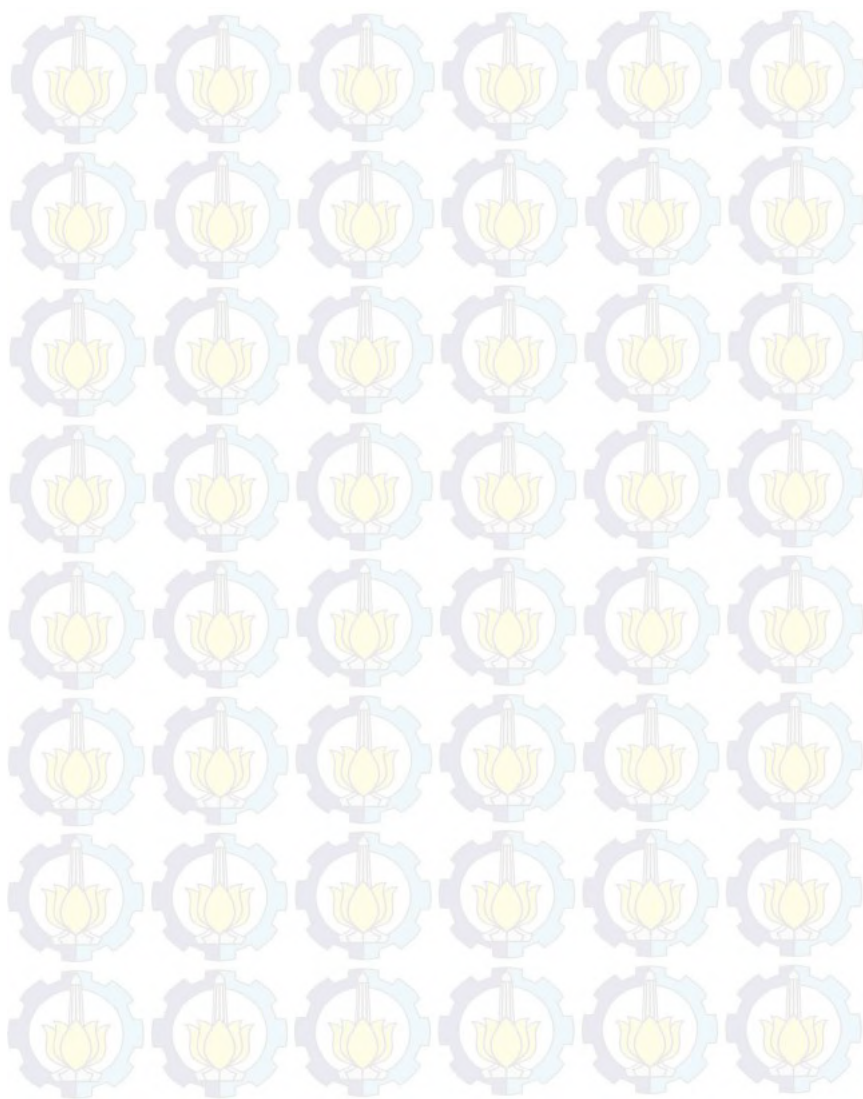
Berikut rekapitulasi kapasitas bahan tiang pancang.

Tabel 6.26. Resume Kapasitas Bahan Tiang Pancang keadaan Tetap

Diameter (mm)	Panjang (m)	P TTP		M TTP		Stress Ratio TTP
		Po TTP	Pi TTP	Mo TTP	Mi TTP	
900	22,3	228,02	396,73	13,63	147,38	0,69
800	22,47	163,332	277,18	9,5	115,84	0,63
750	22,3	150,676	227,68	7,948	101,49	0,66
600	22,3	42,28	115,11	0,557	64,14	0,36

Tabel 6.27. Resume Kapasitas Bahan Tiang Pancang keadaan Sementara

Diameter (mm)	Panjang (m)	P SMTR		M SMTR		Stress Ratio SMTR
		Po SMTR	Pi SMTR	Mo SMTR	Mi SMTR	
900	22,3	228,02	515,75	41,44	191,59	0,53
800	22,47	212,82	360,34	27,277	150,59	0,75
750	22,3	150,676	295,98	23,65	131,94	0,62
600	22,3	45,29	149,65	12,59	83,39	0,45



Berikut rekapitulasi kapasitas bahan tiang pancang.

Tabel 6.26. Resume Kapasitas Bahan Tiang Pancang keadaan Tetap

Diameter (mm)	Panjang (m)	P TTP		M TTP		Stress Ratio TTP	P SMTR		M SMTR		Stress Ratio SMTR
		Po TTP	Pi TTP	Mo TTP	Mi TTP		Po SMTR	Pi SMTR	Mo SMTR	Mi SMTR	
900	22,3	228,02	396,73	13,63	147,38	0,69	228,02	515,75	41,44	191,59	0,53
800	22,47	163,332	277,18	9,5	115,84	0,63	212,82	360,34	27,277	150,59	0,75
750	22,3	150,676	227,68	7,948	101,49	0,66	150,676	295,98	23,65	131,94	0,62
600	22,3	42,28	115,11	0,557	64,14	0,36	45,29	149,65	12,59	83,39	0,45

BAB VII PENUTUP

7.1. Kesimpulan

Dari analisa perencanaan struktur Dermaga General Cargo Awerange Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

7.1.1. Dari Analisa Penetapan Dimensi

- a. Dengan kapal rencana 15.000 DWT dan dianalisa juga dengan menggunakan kapal 15.000 DWT, dimensi dermaga ditetapkan dengan panjang 180 meter dan dengan lebar 23 meter, tinggi apron +4.80 meter LWS dan kedalaman minimal -10.00 meter LWS.
- b. Dimensi trestle dengan panjang 150 meter dan lebar 10 meter. Memiliki dua lajur dan dua arah, masing-masing lajur selebar 4 meter dan direncanakan dapat dilewati truk pada setiap lajur.
- c. Dimensi plat dermaga setebal 35 cm sedangkan plat trestle setebal 30 cm.
- d. Dimensi balok dermaga dan balok trestle dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 7.1. Resume Dimensi Balok Dermaga

No.	Tipe Balok	Dimensi		Lokasi
		h (cm)	b (cm)	
1	BD1 (Balok Crane)	220	120	Dermaga
2	BD2 (Balok Melintang)	180	100	Dermaga
3	BD3 (Balok Memanjang)	180	100	Dermaga
4	BD4 (Balok Tepi)	100	60	Dermaga

Tabel 7.2. Resume Dimensi Balok Trestle

No.	Tipe Balok	Dimensi		Lokasi
		h (cm)	b (cm)	
1	BT1 (Balok Memanjang)	100	60	Trestle
2	BT2 (Balok Melintang)	100	60	Trestle

- e. Direncanakan menggunakan tiang pancang baja (Steel Pile Pipe) dengan diameter 900 mm, 800 mm, dan 750 mm dengan ketebalan 12,5 mm untuk dermaga, tiang pancang baja (Steel Pipe Pile) dengan diameter 800 mm dengan ketebalan 12,5 mm untuk trestle.
- f. Dimensi Pile Cap (Pondasi Poer) beserta dimensi tulangan ditetapkan sebagai berikut,

Tabel 7.3. Resume Dimensi Pile Cap dan Tiang Pancang

Type	Dimensi (mm)	Dimensi Tiang Pancang (mm)
PC 1	2000x2000x1500	900
PC 2	2000x2000x1500	750
PC 3	2000x3000x1500	800
PC 4	1300x1300x1500	600

7.1.2. Dari Analisa Pembebanan

- a. Perhitungan energi bersandar kapal 15.000 DWT sebesar 27,4141 Ton.m yang ditahan oleh sebuah fender dengan posisi vertikal dengan bidang sentuh sepanjang 1 m. Energi yang diserap fender yaitu 27,4141 Ton.m dari kurva karakteristik fender diperoleh gaya reaksi sebesar 90 ton maka dipasang sebuah

fender Bridgestone SM 800 H dengan ukuran $L=1.400$ mm.

- b. Gaya tarik kapal maksimum yang diakibatkan oleh gaya angin tegak lurus pada saat kapal kosong yaitu sebesar 28,786 Ton dengan jumlah bollard sebanyak 6 buah.

7.1.3. Dari Analisa Struktur

- a. Pada plat dermaga direncanakan setebal 35 cm dan plat trestle digunakan setebal 30 cm. Hasil perhitungan kebutuhan tulangan untuk plat dermaga dan trestle dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 7.4. Kebutuhan Tulangan Pelat Dermaga

No.	Tipe Plat	Dimensi (mm)			Momen	Tulangan	
		x (mm)	y (mm)	t (mm)		D (mm)	S (mm)
1	P1	1000	6250	350	Mtx	D 16	100
					Mty	D 16	100
					Mlx	D 16	200
					Mly	D 16	200
2	P2	1000	5000	350	Mtx	D 16	100
					Mty	D 16	100
					Mlx	D 16	200
					Mly	D 16	200
3	P3	1000	6000	350	Mtx	D 16	100
					Mty	D 16	100
					Mlx	D 16	200
					Mly	D 16	200
4	P4	1000	5250	350	Mtx	D 16	100
					Mty	D 16	100
					Mlx	D 16	200
					Mly	D 16	200
5	P5	5000	5250	350	Mtx	D 16	100
					Mty	D 16	100
					Mlx	D 16	200

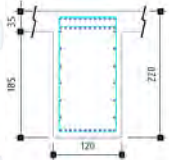
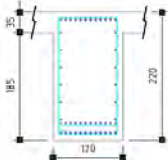
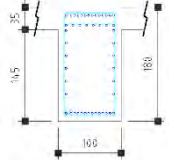
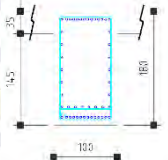
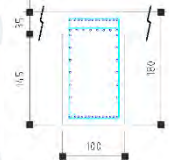
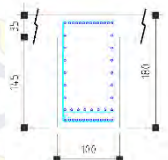
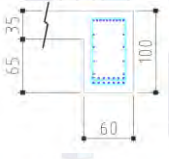
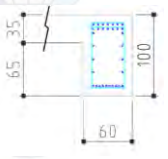
					Mly	D 16	200
6	P6	5250	6000	350	Mtx	D 16	100
					Mty	D 16	100
					Mlx	D 16	200
					Mly	D 16	200

Tabel 7.5. Kebutuhan Tulangan Plat Trestle

No.	Tipe Plat	Dimensi (mm)			Momen	Tulangan	
		x (mm)	y (mm)	t (mm)		D (mm)	S (mm)
1	P7	1000	5000	300	Mtx Mty Mlx Mly	D 13 D 13 D 13 D 13	100 100 200 200
2	P8	1000	4000	300	Mtx Mty Mlx Mly	D 13 D 13 D 13 D 13	100 100 200 200
3	P9	1000	5000	300	Mtx Mty Mlx Mly	D 13 D 13 D 13 D 13	100 100 200 200
4	P10	4000	4000	300	Mtx Mty Mlx Mly	D 13 D 13 D 13 D 13	100 100 200 200
5	P11	4000	5000	300	Mtx Mty Mlx Mly	D 13 D 13 D 13 D 13	100 100 200 200
6	P12	1000	4000	300	Mtx Mty Mlx Mly	D 13 D 13 D 13 D 13	100 100 200 200

- b. Resume dimensi dan kebutuhan tulangan balok dermaga dan trestle dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 7.6. Resume Kebutuhan Tulangan Balok Dermaga

Kode Balok	Jenis Tulangan	Tumpuan		Lapangan	
		Ukuran	Gambar	Ukuran	Gambar
BD1	Lentur Tekan	24 D29		12D29	
	Lentur Tarik	12 D29		24 D29	
	Geser	Ø16-150		Ø16-250	
	Torsi	12 D29		12 D29	
BD2	Lentur Tekan	22 D29		14 D29	
	Lentur Tarik	14 D29		22 D29	
	Geser	Ø16-150		Ø16-250	
	Torsi	12 D29		12 D29	
BD3	Lentur Tekan	22 D29		14D29	
	Lentur Tarik	14 D29		22 D29	
	Geser	Ø16-150		Ø16-250	
	Torsi	12 D29		12 D29	
BD4	Lentur Tekan	10 D20		14 D20	
	Lentur Tarik	14 D20		14 D20	
	Geser	Ø16-150		Ø16-250	
	Torsi	8 D20		8 D20	

Tabel 7.7. Resume Kebutuhan Tulangan Balok Trestle

Nama Balok	Jenis Tulangan	Tumpuan		Lapangan	
		Ukuran	Gambar	Ukuran	Gambar
BT1	Lentur Tarik	10 D20		16 D20	
	Lentur Tekan	16 D20		10 D20	
	Geser	Ø12-200		Ø12-250	
	Torsi	8 D16		8 D16	
BT2	Lentur Tarik	10 D20		16 D20	
	Lentur Tekan	16 D20		10 D20	
	Geser	Ø12-200		Ø12-250	
	Torsi	8 D16		8 D16	

- c. Resume dimensi dan kebutuhan tulangan pile cap (pondasi poer) dermaga dan trestle dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 7.8. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Pile Cap

Type	Dimensi (mm)	Dimensi Tiang Pancang (mm)	Tulangan	
			X	Y
PC 1	2000x2000x1500	900	D19-100	D19-100
PC 2	2000x2000x1500	750	D19-200	D19-200
PC 3	2000x3000x1500	800	D19-200	D19-100
PC 4	1300x1300x1500	600	D16-100	D16-100

- d. Struktur atas ditumpu oleh tiang pancang baja, daya dukung tanah ditentukan oleh daya dukung tanah pada titik borehole nomor BH-02.

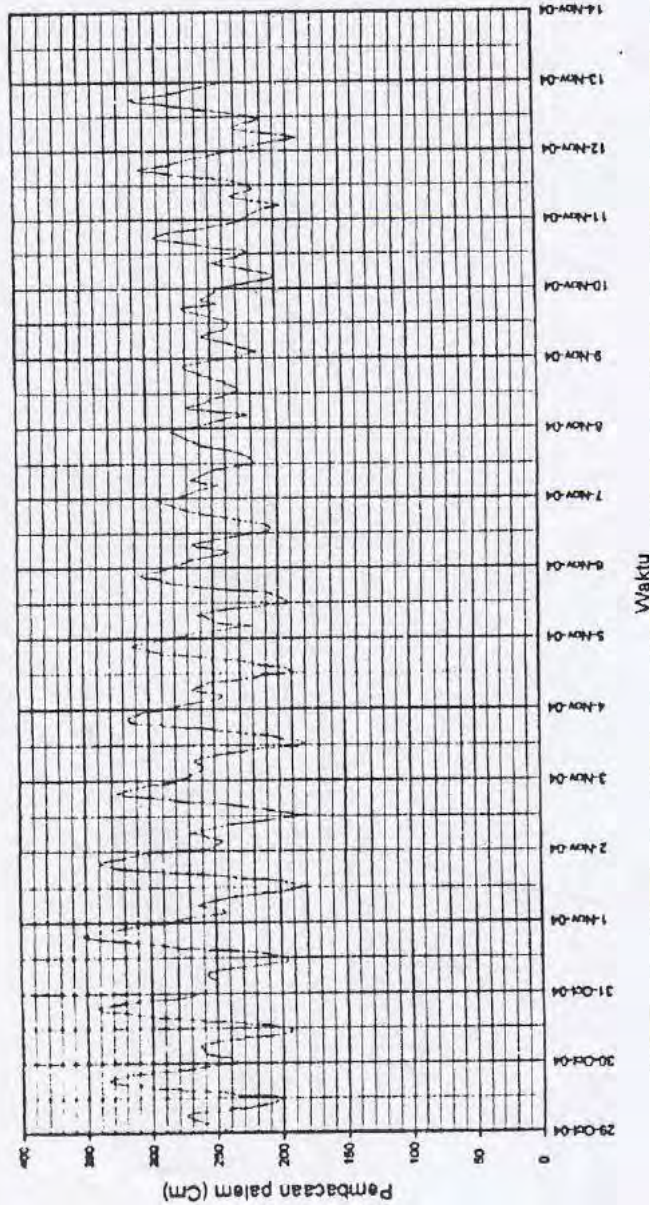
DAFTAR PUSTAKA

- BAAK, 2011. **Aturan Penyusunan Tugas Akhir Surabaya** : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Peraturan perencanaan Teknik Jembatan Bridge Management System (BMS). 1992.** Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga.
- Port of Long Beach Wharf Design Criteria. 2012.** Japan. POLB WDC, The Green Port.
- Sosrodarsono, S., Nakazawa, K 2000. **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi.** Jakarta: PT PradnyaParamita
- Standard Design Criteria for Port in Indonesia, 1984.** Maritime Development Programme Directorate General of Sea Communications. Jakarta.
- Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan.1980.** Japan. Bureau of Ports and Harbours, Ministry of Transport.
- Kramadibrata, Soedjono. **Perencanaan Pelabuhan.** Penerbit ITB:2002
- Triatmodjo, Bambang. **Pelabuhan.** Beta offset:2008
- www. puskim.pu.co.id.** dikunjungi pada April 2015.



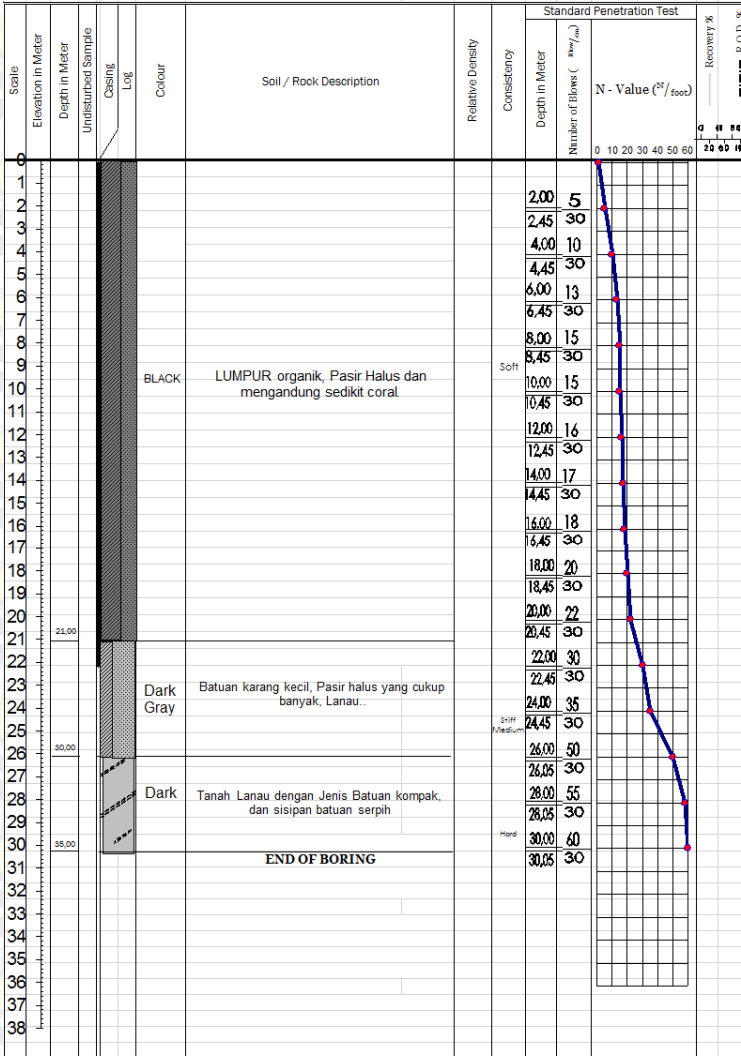
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Grafik Pasang Surut Lokasi : Awerange Baru - (Sul-sel)



BORING LOG AND S.P.T. TEST RESULT

PROYEK :	MULA :	BORE HOLE NO. : BH-02
LOKASI : Kabupaten Barru, Kecamatan Soppeng Raja	SELESAI :	DRILL MASTER : Bakri
ELEV. DASAR LAI : 5,03 M	KEDALAMAN : 30,00 Meter	LOGGED BY: Nuryadin
ELEV. HWS :	BORING METHOD : Core & Wash	CHECKED BY :



LEGEND:	<input type="checkbox"/> Disturbed Sample	<input checked="" type="checkbox"/> Undisturbed Sample	<input checked="" type="checkbox"/> Sandstone
	<input checked="" type="checkbox"/> Clay	<input checked="" type="checkbox"/> Sand	<input checked="" type="checkbox"/> Claystone
	<input checked="" type="checkbox"/> Silt		

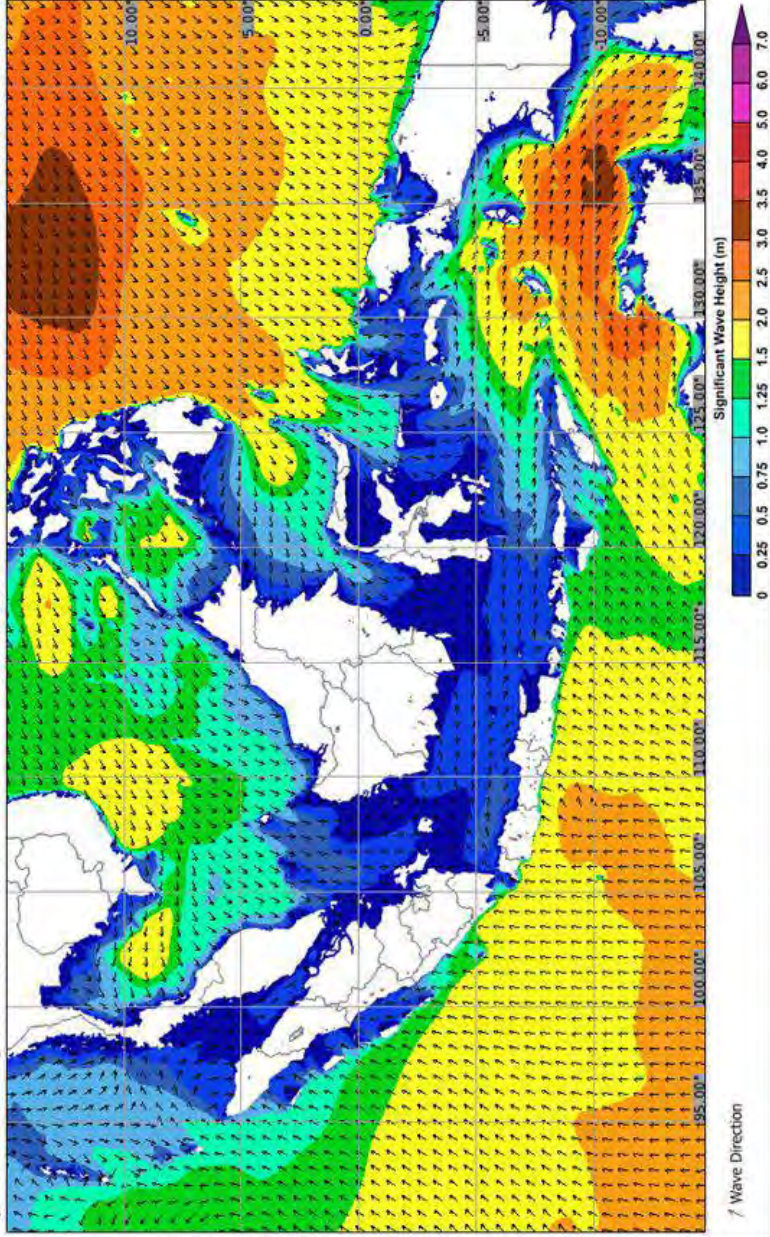


BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA

Significant Wave Height & Direction - Indonesia

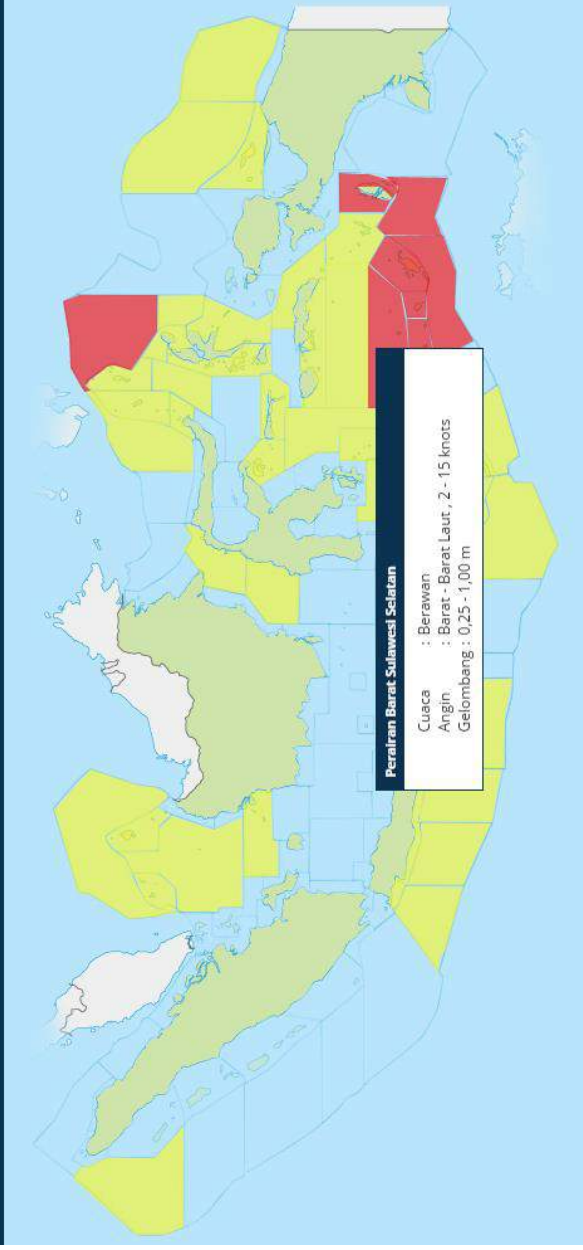
12hr forecast

valid: 2015-12-23 00 UTC

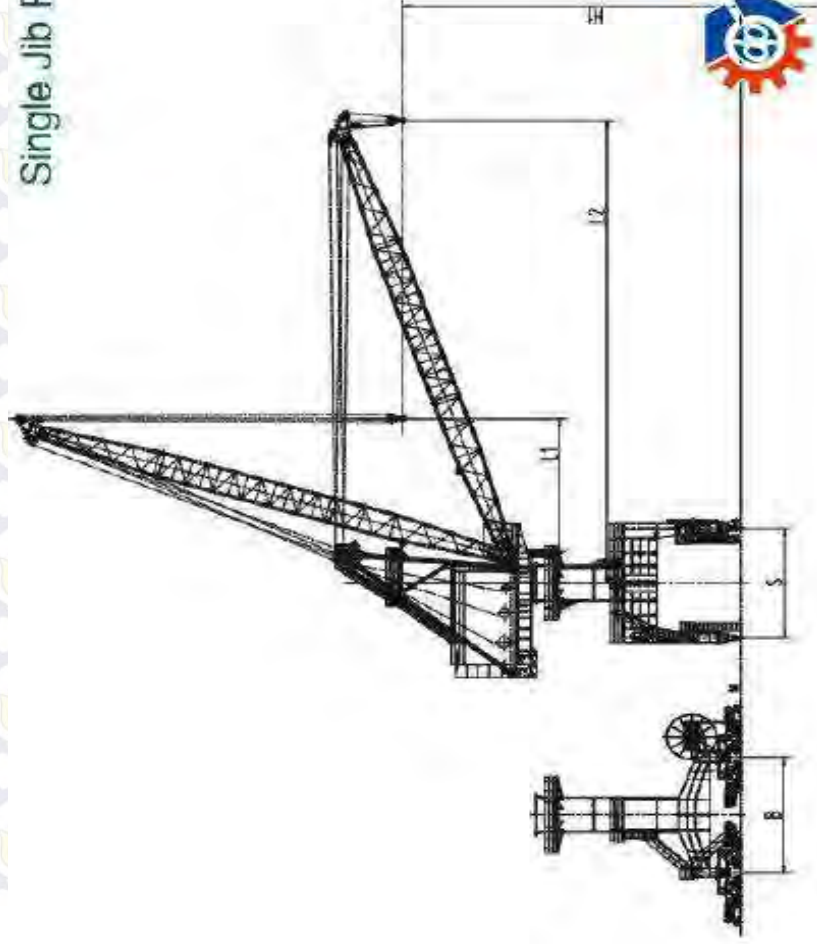


Wave Direction

Significant Wave Height (m)



Single Jib Portal Crane



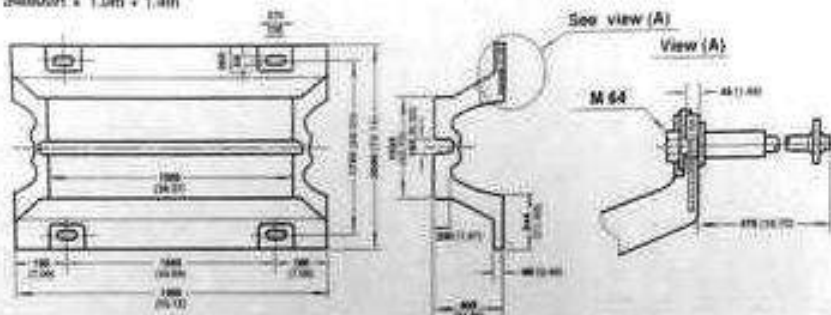
NO.	TYPE	CAPACITY	LUFFING		HOISTHEIGHT		SPAN× BASE (m)	MAX WHEEL LOAD (KN)	Capability (KW)	SHIP (DWT)
			MAX	MIN	UP	DOWN				
1	BP209	2	9	4	6	6	4.5×4.5	40	22	200
2	BP315	3.2	15	56	12	8	6x6	80	42	500-2500
3	BP322	3.2	22	7	14	8	6×6	90	58	1000-3000
4	BP515	5	15	6	12	9	6x6	120	120	500-1500
8	BP525	5	15	56	12	8	6x6	80	42	5000
9	BP1020	(hook)10	20	7	15	10	10.5×10.5	115	103	5000
		(grab)5								
10	BP2020	20	20	7	16	10	10.5X10.5	165	145	3000
11	BP1025	(hook)10	25	8	20	12	10.5×10.5	185	132.8	5000
		(grab)5								
12	BP-1625	(hook)16	25	8	20	12	10.5×10.5	185	305	5000
		(grab)10								
13	BP-1627	(hook)16	27	10	22	15	10.5×10.5	185	305	10000
		(grab)10								
14	BP-1030	(hook)10	30	11	25	15	10.5×10.5	275	305	15000
		(grab)5								

Bobot	Panjang <i>L_{oa}</i> (m)	Lebar (m)	Draft (m)	Bobot	Panjang <i>L_{oa}</i> (m)	Lebar (m)	Draft (m)
Kapal Penumpang (GRT)				Kapal Minyak (lanjutan)			
500	51	10,2	2,9	20.000	162	24,9	9,8
1.000	68	11,9	3,6	30.000	185	28,3	10,9
2.000	88	13,2	4,0	40.000	204	30,9	11,8
3.000	99	14,7	4,5	50.000	219	33,1	12,7
5.000	120	16,9	5,2	60.000	232	35,0	13,6
8.000	142	19,2	5,8	70.000	244	36,7	14,3
10.000	154	20,9	6,2	80.000	255	38,3	14,9
15.000	179	22,8	6,8	Kapal Barang Curah (DWT)			
20.000	198	24,7	7,5	10.000	140	18,7	8,1
30.000	230	27,5	8,5	15.000	157	21,5	9,0
Kapal Barang (DWT)				20.000	170	23,7	9,8
700	58	9,7	3,7	30.000	192	27,3	10,6
1.000	64	10,4	4,2	40.000	208	30,2	11,4
2.000	81	12,7	4,9	50.000	222	32,6	11,9
3.000	92	14,2	5,7	70.000	244	37,8	13,3
5.000	109	16,4	6,8	90.000	250	38,5	14,5
8.000	126	18,7	8,0	100.000	275	42,0	16,1
10.000	137	19,9	8,5	150.000	313	44,5	18,0
15.000	153	22,3	9,3	Kapal Ferry (GRT)			
20.000	177	23,4	10,0	1.000	73	14,3	3,7
30.000	186	27,1	10,9	2.000	90	16,2	4,3
40.000	201	29,4	11,7	3.000	113	18,9	4,9
50.000	216	31,5	12,4	4.000	127	20,2	5,3
Kapal Minyak (DWT)				6.000	138	22,4	5,9
700	50	8,5	3,7	8.000	155	21,8	6,1
1.000	61	9,8	4,0	10.000	170	25,4	6,5
2.000	77	12,2	5,0	13.000	188	27,1	6,7
3.000	88	13,8	5,6	Kapal peti kemas (DWT)			
5.000	104	16,2	6,5	20.000	201	27,1	10,6
10.000	130	20,1	8,0	30.000	237	30,7	11,6
15.000	148	22,8	9,0	40.000	263	33,5	12,4
				50.000	280	35,8	13,0

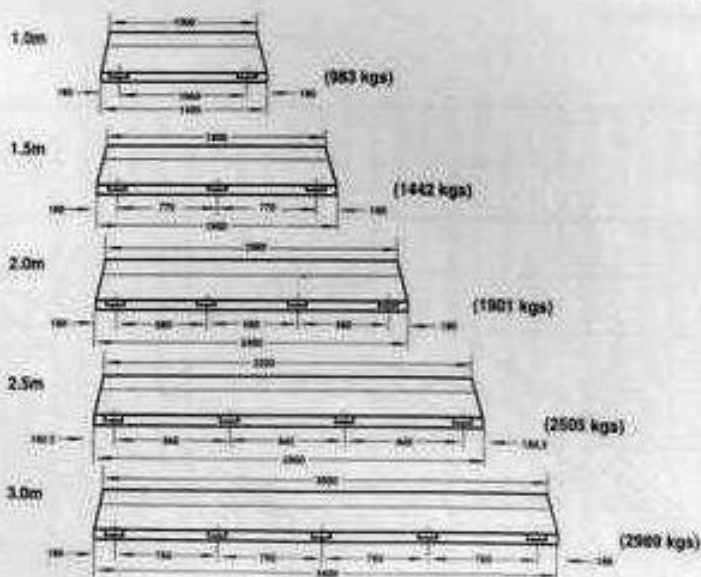
SM800H

(1) Standard sizes and bolt locations

SM800H $\times 1.0m \times 1.4m$



Unit: mm (inch)



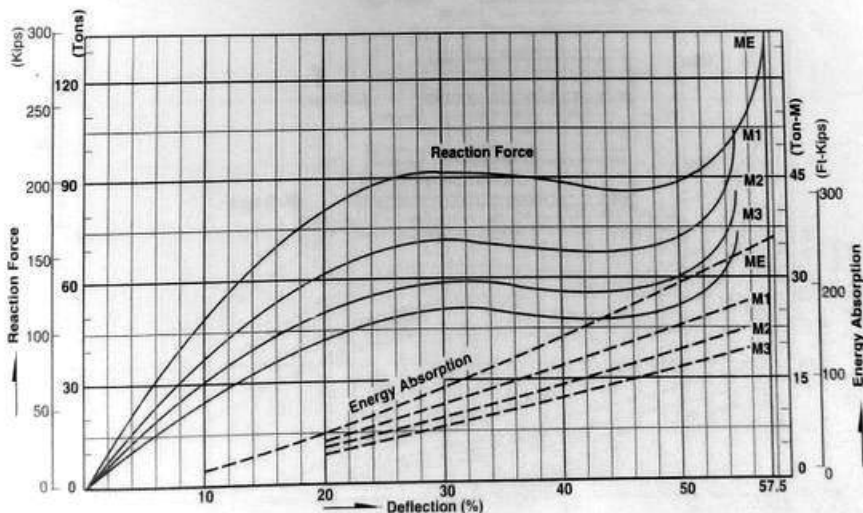
SM800H

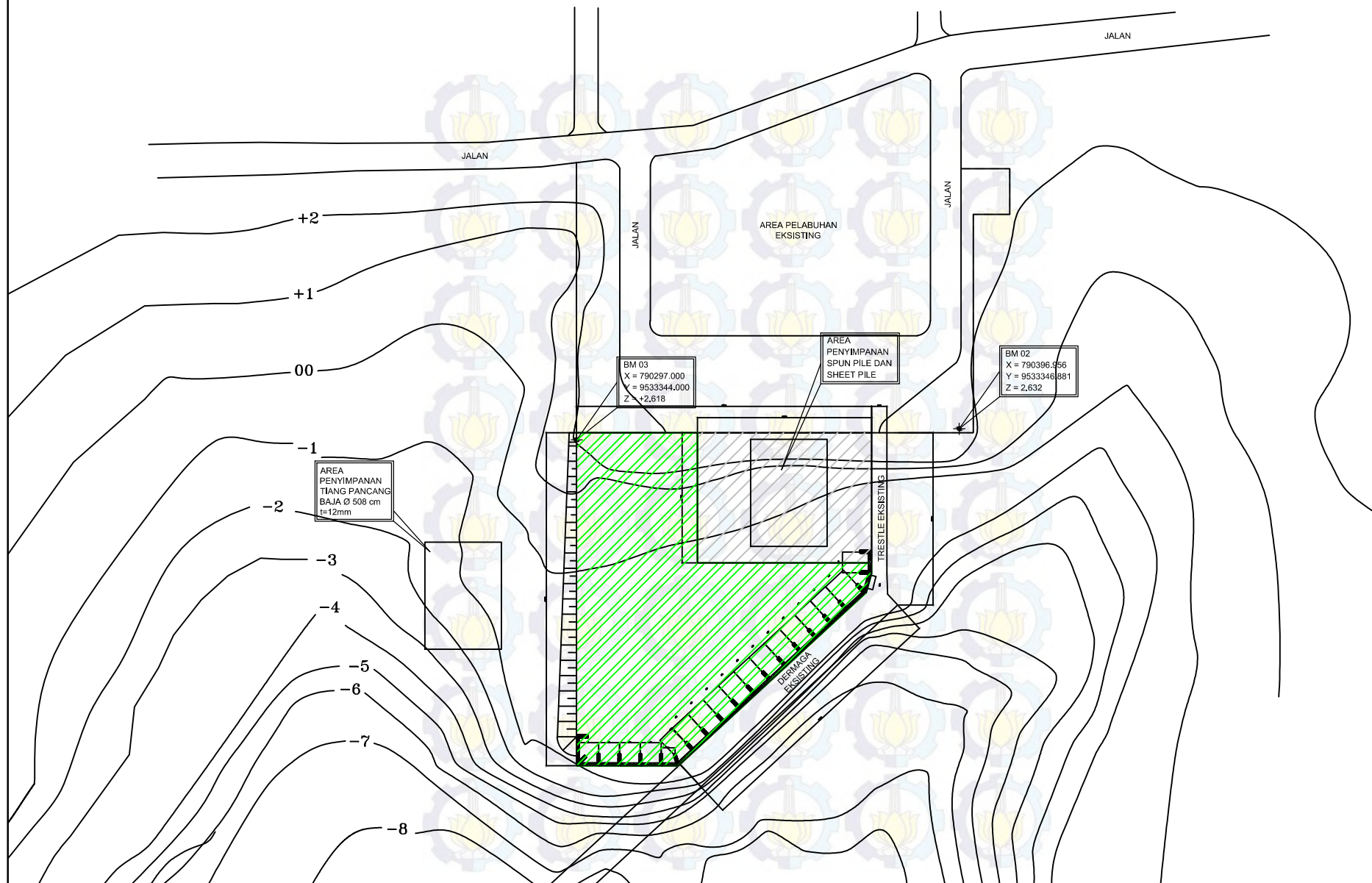
(2) Performance

Rubber grade	ME				M1				M2				M3			
Deflection	52.5 %		57.5 %		50 %		55 %		50 %		55 %		50 %		55 %	
Performance	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E
Length (m)	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips
1.0	91.5 201.8	29.9 216.3	128.3 282.9	34.1 246.7	69.9 154.1	21.7 157.0	98.9 218.1	25.0 180.9	57.9 127.7	18.1 131.0	80.0 176.4	20.8 150.5	49.6 109.4	15.3 110.7	68.0 149.9	17.7 128.1
1.5	137.3 302.7	44.9 324.9	192.5 424.5	51.2 370.4	104.9 231.3	32.6 235.9	148.1 326.6	37.5 271.3	86.9 191.6	27.2 196.8	120.0 264.6	31.2 225.7	74.4 164.1	23.0 166.4	102.0 224.9	26.6 192.5
2.0	183.0 403.5	59.8 432.6	256.6 565.8	68.2 493.4	139.8 308.3	43.4 314.0	197.4 435.3	50.0 361.8	115.8 255.3	36.2 261.9	160.0 352.8	41.6 301.0	99.2 218.7	30.8 221.4	136.0 299.9	35.4 256.1
2.5	228.8 504.5	74.8 541.2	320.8 707.4	85.3 617.1	174.8 385.4	54.3 392.9	246.8 544.2	62.5 452.2	144.8 319.3	45.3 327.7	200.0 441.0	52.0 376.2	124.0 273.4	38.3 277.1	170.0 374.9	44.3 320.5
3.0	274.5 605.3	89.7 649.0	384.9 848.7	102.3 740.1	209.7 462.4	65.1 471.0	296.1 652.9	75.0 542.6	173.7 383.0	54.3 392.9	240.0 529.2	62.4 451.5	148.8 328.1	45.9 332.1	204.0 449.8	53.1 384.2

R: Reaction force E: Energy absorption Tolerance: $\pm 10\%$

(3) Performance Curve





PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA PELABUHAN
AWERANGE KAB. BARRU SULAWESI SELATAN UNTUK
KAPAL 15.000 DWT

PROGRAM LANJUT JENJANG D4 TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR

LAYOUT DERMAGA EKSISTING

NAMA MAHASISWA/NIM :
MUH. HANIF AL-BASYAR/311 4040 507

PEMBIMBING 1 :
IR. CHOMAEDHI. CES, GEO

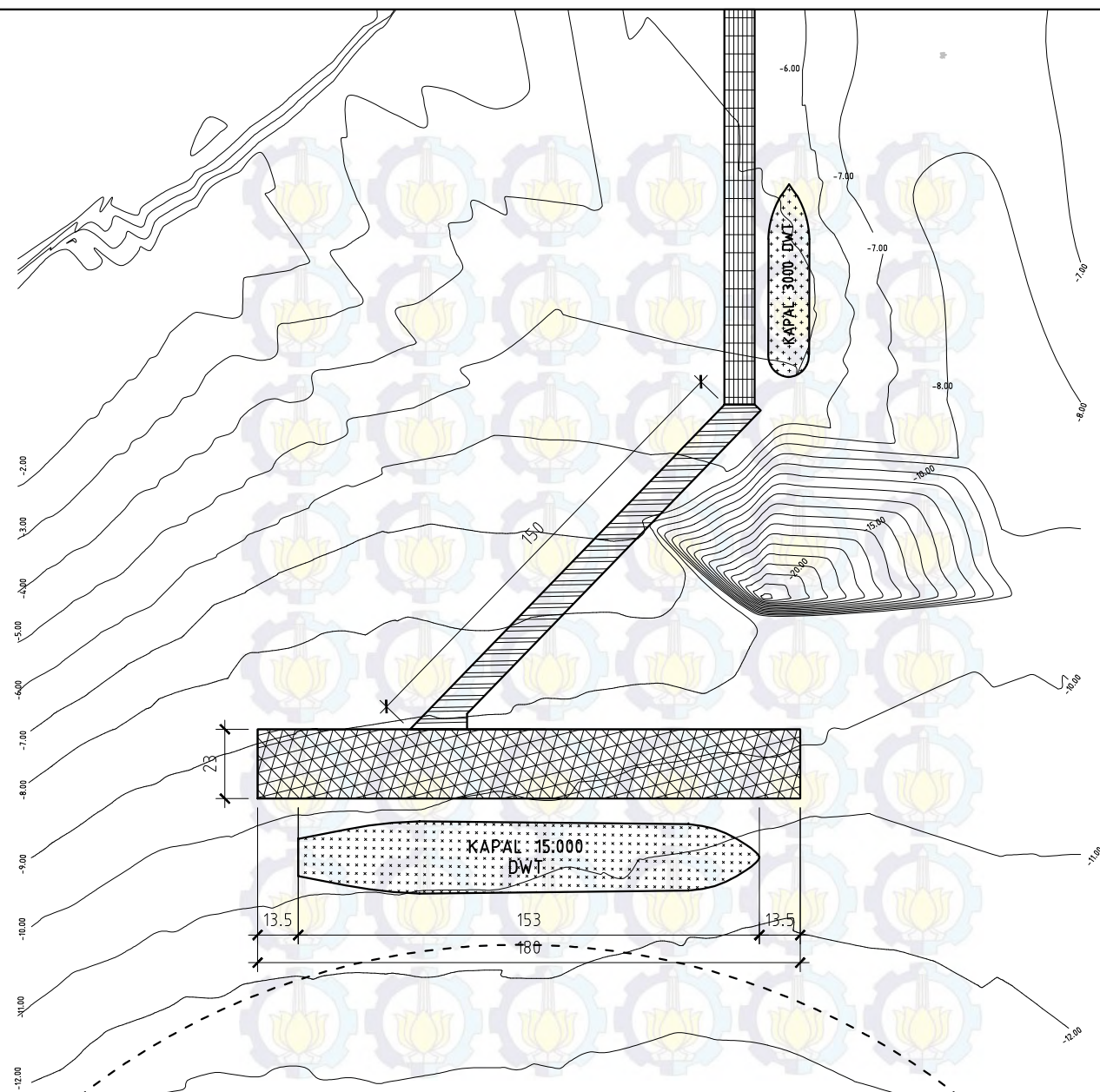
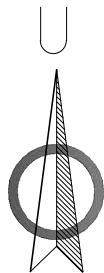
PEMBIMBING 2 :
R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST.,MT.

NO. LBR

1

JML LBR

6



- TRESTLE RENCANA
- DERMAGA RENCANA
- DERMAGA EKSISTING



PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA PELABUHAN
AWERANGE KAB. BARRU SULAWESI SELATAN UNTUK
KAPAL 15.000 DWT

PROGRAM LANJUT JENJANG D4 TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR

LAYOUT DERMAGA RENCANA

NAMA MAHASISWA/NIM :
MUH. HANIF AL-BASYAR/311 4040 507

PEMBIMBING 1 :
IR. CHOMAEDHI. CES, GEO

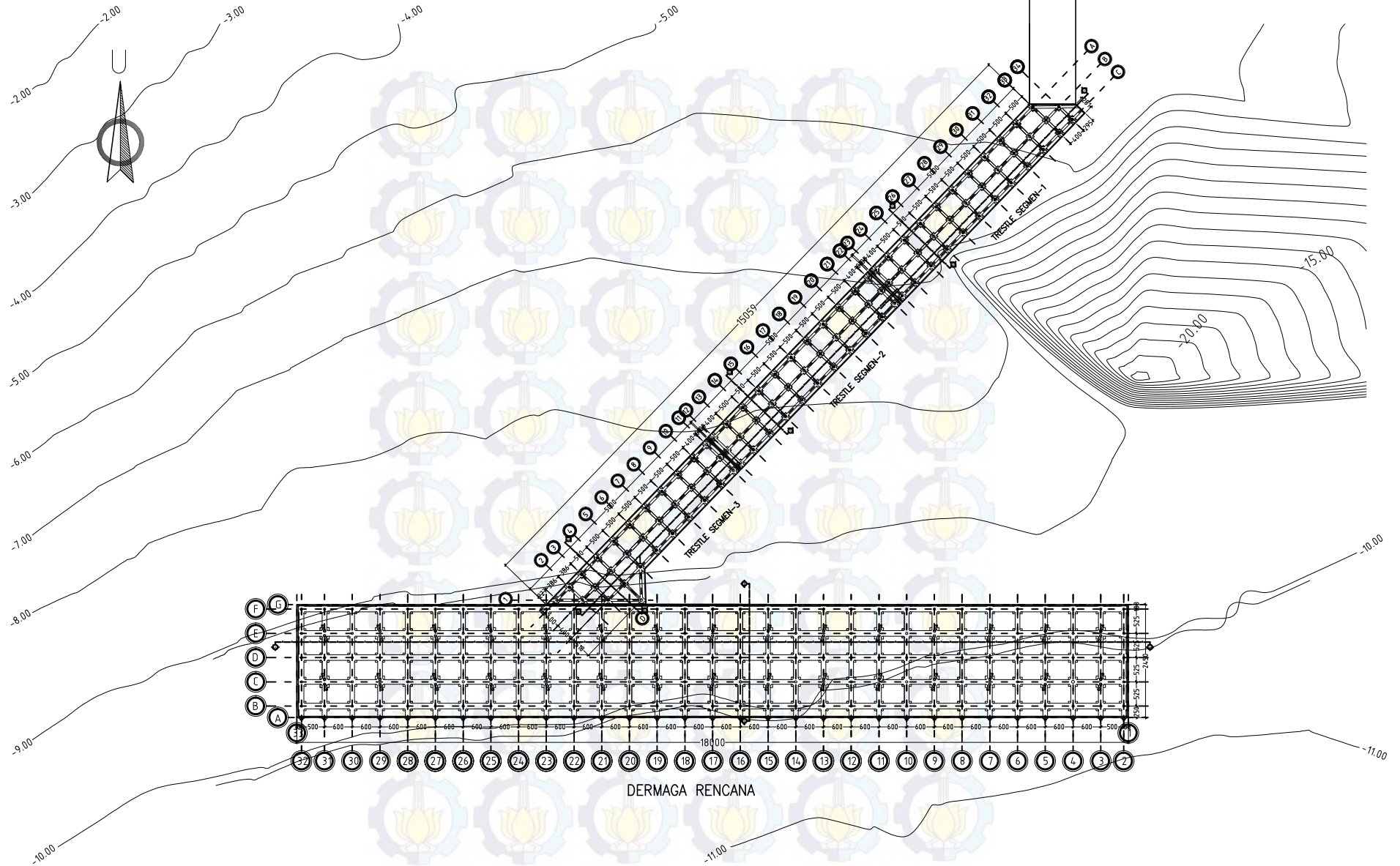
PEMBIMBING 2 :
R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST.,MT.

NO. LBR

2

JML LBR

6



PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA PELABUHAN
AWERANGE KAB. BARRU SULAWESI SELATAN UNTUK
KAPAL 15.000 DWT
PROGRAM LANJUT JENJANG D4 TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR

DENAH DERMAGA DAN TRESTLE RENCANA

NAMA MAHASISWA/NIM :
MUH. HANIF AL-BASYAR/311 4040 507

PEMBIMBING 1 :
IR. CHOMAEDHI. CES, GEO

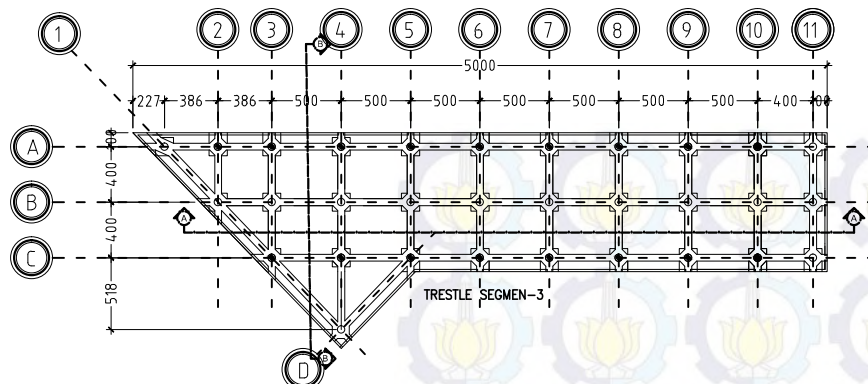
PEMBIMBING 2 :
R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST.,MT.

NO. LBR

3

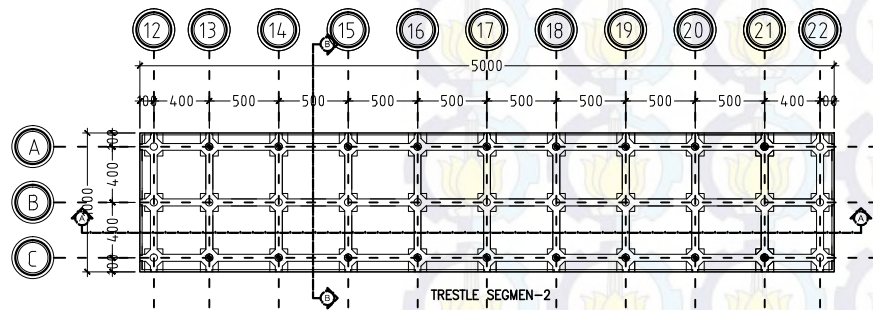
JML LBR

6



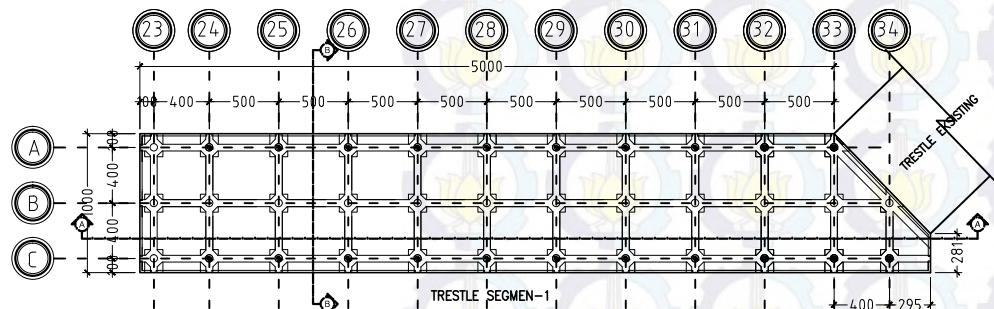
DENAH TRESTLE RENCANA SEGMENT 3

SKALA 1:500



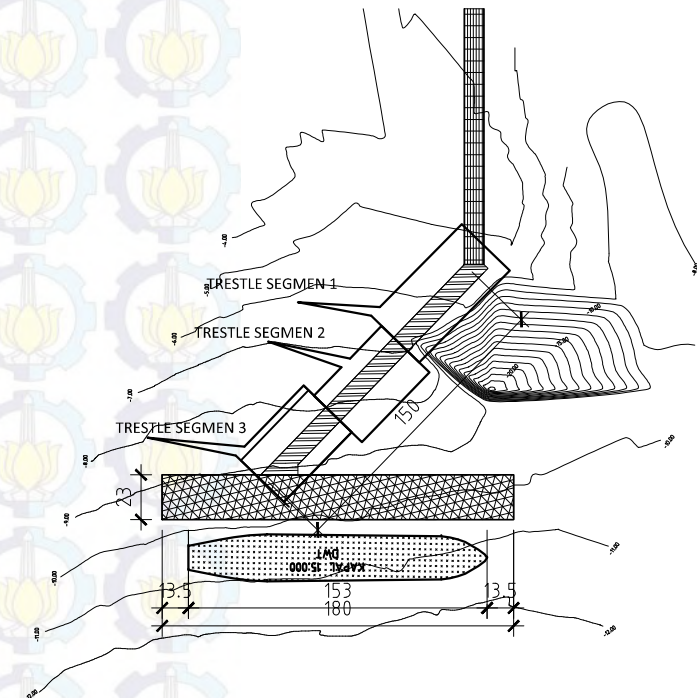
DENAH TRESTLE RENCANA SEGMENT 2

SKALA 1:500



DENAH TRESTLE RENCANA SEGMENT 1

SKALA 1:500



PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA PELABUHAN
AWERANGE KAB. BARRU SULAWESI SELATAN UNTUK
KAPAL 15.000 DWT

PROGRAM LANJUT JENJANG D4 TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR

DENAH TRESTLE RENCANA

NAMA MAHASISWA/NIM :
MUH. HANIF AL-BASYAR/311 4040 507

PEMBIMBING 1 :
IR. CHOMAEDHI. CES, GEO

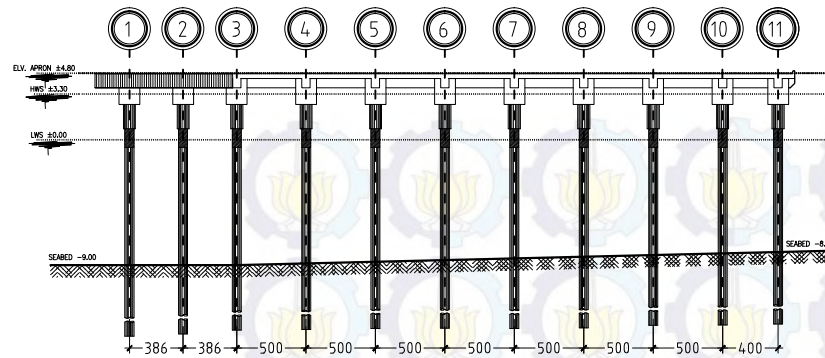
PEMBIMBING 2 :
R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST.,MT.

NO. LBR

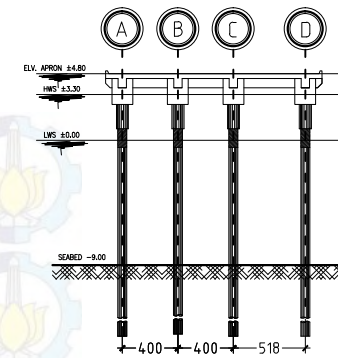
4

JML LBR

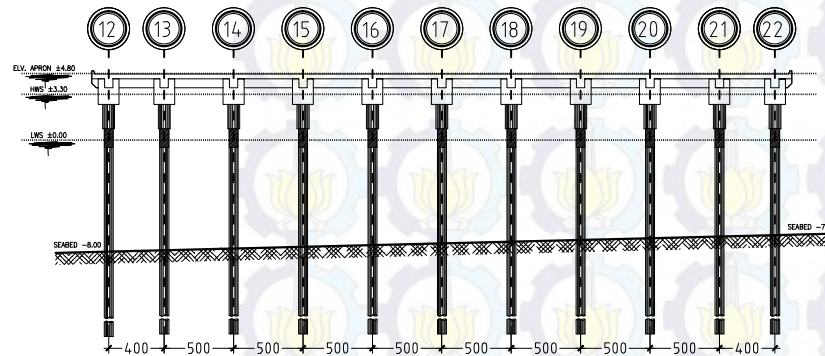
6



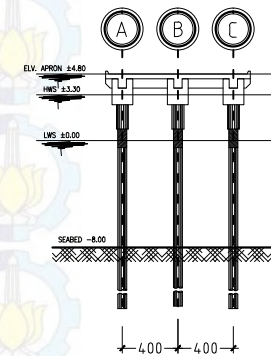
POT MEMANJANG A-A TRESTLE RENCANA SEGMENT 3
SKALA 1:500



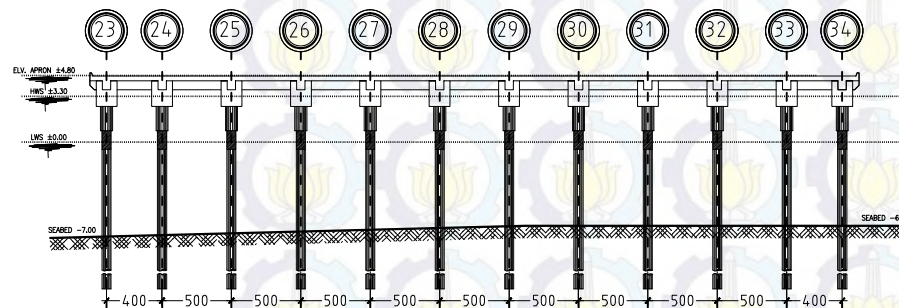
POT MELINTANG B-B TRESTLE RENCANA SEGMENT 3
SKALA 1:500



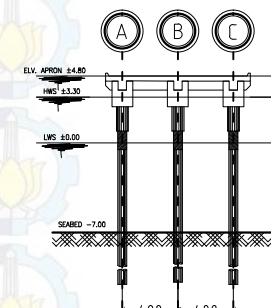
POT MEMANJANG A-A TRESTLE RENCANA SEGMENT 2
SKALA 1:500



POT MELINTANG B-B TRESTLE RENCANA SEGMENT 2
SKALA 1:500



POT MEMANJANG A-A TRESTLE RENCANA SEGMENT 1
SKALA 1:500



POT MELINTANG B-B TRESTLE RENCANA SEGMENT 1
SKALA 1:500



PERENCANAAN STRUKTUR DERAGA PELABUHAN
AWERANGE KAB. BARRU SULAWESI SELATAN UNTUK
KAPAL 15.000 DWT
PROGRAM LANJUT JENJANG D4 TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG DAN MELINTANG
TRESTLE RENCANA

NAMA MAHASISWA/NIM :
MUH. HANIF AL-BASYAR/311 4040 507

PEMBIMBING 1 :
IR. CHOMAEDHI. CES, GEO

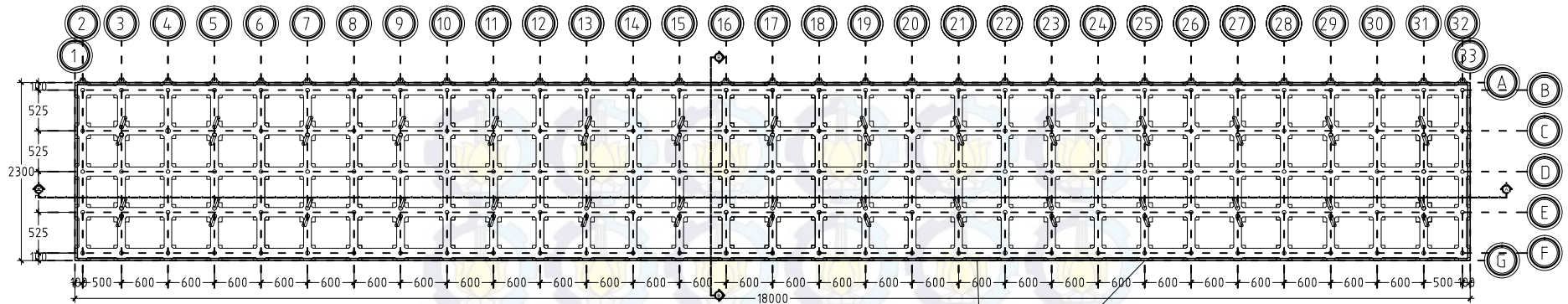
PEMBIMBING 2 :
R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST.,MT.

NO. LBR

5

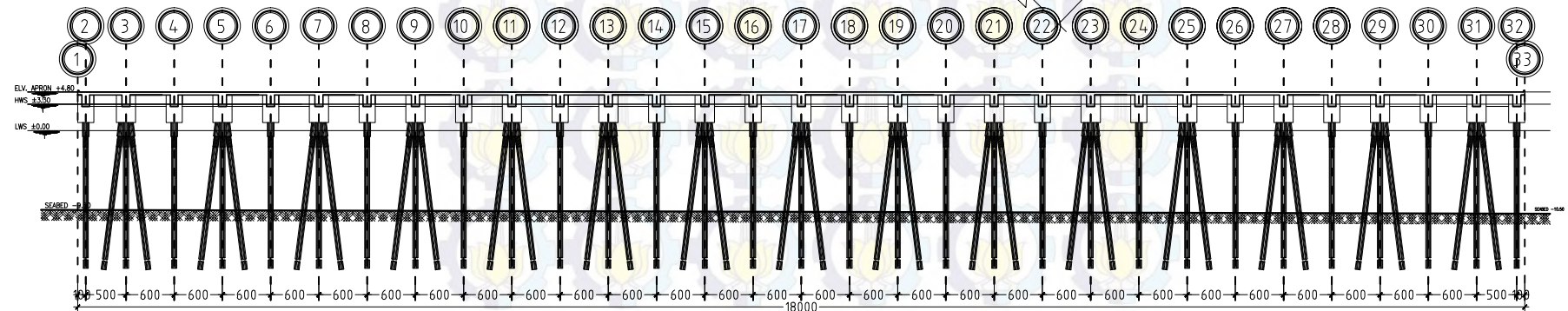
JML LBR

6



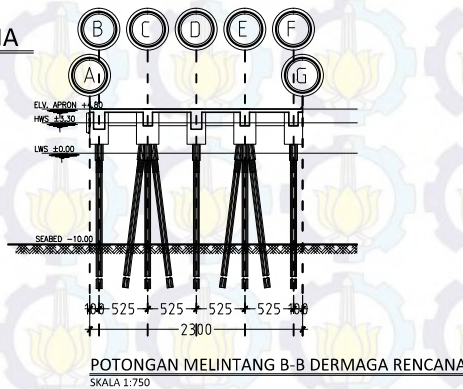
DENAH DERMAGA RENCANA

SKALA 1:750



POTONGAN MEMANJANG A-A DERMAGA RENCANA

SKALA 1:750



POTONGAN MELINTANG B-B DERMAGA RENCANA

SKALA 1:750



PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA PELABUHAN
AWERANGE KAB. BARRU SULAWESI SELATAN UNTUK
KAPAL 15.000 DWT
PROGRAM LANJUT JENJANG D4 TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR

**DENAH, POTONGAN MEMANJANG
DAN MELINTANG DERMAGA RENCANA**

NAMA MAHASISWA/NIM :
MUH. HANIF AL-BASYAR/311 4040 507

PEMBIMBING 1 :
IR. CHOMAEDHI. CES, GEO

PEMBIMBING 2 :
R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST.,MT.

NO. LBR

6

JML LBR

6

BIODATA PENULIS



Muhammad Hanif Al-Basyar, Penulis dilahirkan di Ujung pandang pada 25 November 1992. Penulis adalah anak pertama dari 6 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Gunung Sari 1 (Makassar), MTsN Model (Makassar), serta di SMKN 2 (Makassar). Lalu penulis melanjutkan studi di Diploma III Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang pada tahun 2010. Dengan NRP 31110002. Penulis menyelesaikan studi di Diploma III Jurusan Teknik Sipil

pada Tahun 2013 dengan konsentrasi Bangunan Gedung. Setelah lulus, penulis melanjutkan studi di Diploma IV Teknik Sipil ITS dengan konsentrasi Sarana dan Prasarana Transportasi. Penulis terdaftar dengan NRP: 3114040507.

Penulis dapat dihubungi di: inersia.structure@gmail.com